34e ANNÉE. No 333
DÉCEMBRE 1954
PRIX: 250 FRANCS

L'ONDE ÉLECTRIQUE

BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ DES RADIOÉLECTRICIENS
ÉDITIONS CHIRON. 40, RUE DE SEINE, PARIS - 6e

Library
Boulder Laboratories
National Bureau of Standards
Boulder, Colorado

Antenne cigare de réception CSF à grande distance au centre d'essais de Fontaine Raoul de la Compagnie Générale de Télégraphie Sans Fil

TÉLÉVISION

DEUXIÈME NUMÉRO

Agence PUBLEDITEC-DOMENACH

LE PREMIER...

EN Europe...

... à équiper de ses matériels 819 lignes tout ou partie des stations de Télévision de :
PARIS - LILLE - STRASBOURG
MARSEILLE - LYON - BRUXELLES - GENEVE - MILAN - SARREBRUCK et MONTECARLO

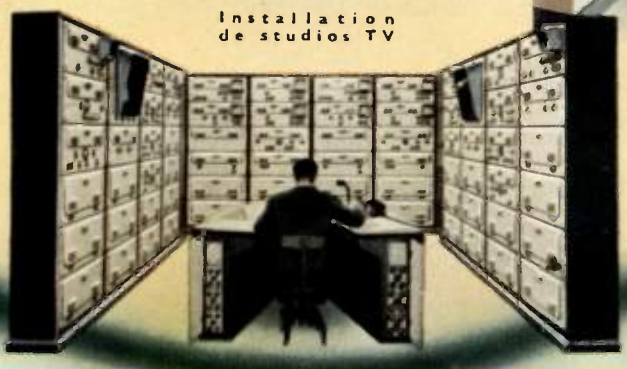
●

De la caméra au récepteur la chaîne de Télévision 819 lignes est une création de la
RADIO INDUSTRIE

RI

Equipement Télécinéma

Emetteurs toutes puissances



Installation de studios TV

STÉ NOUVELLE DE L'OUTILLAGE R.B.V. & DE LA RADIO-INDUSTRIE

S. A. au capital de 1.833.840.000 frs.

45, AVENUE KLÉBER, PARIS-16e TÉL. : KLE 64-71 à 64-75 et KLE 87-10 à 87-14

Régisseur exclusif de la Publicité de l'Onde Électrique : Agence-Publeditec-Domenach, 161, boulevard Saint-Germain, PARIS - 6e. Tél. LIT. 79-53.

L'ONDE ÉLECTRIQUE

Revue Mensuelle publiée par la Société des Radioélectriciens
avec le concours du Centre National de la Recherche Scientifique

ABONNEMENT D'UN AN

FRANCE ..... 2500 F
ETRANGER ..... 2800 »

ÉDITIONS CHIRON
40, Rue de Seine — PARIS (6e)
C. C. P. PARIS 53-35

Prix du numéro : 250 francs

Vol. XXXIV — DÉCEMBRE 1954 — Numéro 333

NUMÉRO SPÉCIAL CONSACRÉ A LA TÉLÉVISION
(2ÈME PARTIE)

SOMMAIRE

		Pages
La Contribution de Henri Poincaré à la Radioélectricité et aux Télécommunications ..	E. PICAULT	955
Considérations sur le fonctionnement des vidigraphes	Y. ANGEL.	958
L'enregistrement des images de télévision et des images similaires	Y. L. DELBORD.	974
Le centre de télévision de Milan	A. MAGELLI.	981
Recherches des règles permettant l'exploitation économique rationnelle des standards de télévision actuels	G. BOUTRY. P. BILLARD L. LE BLAN	989
Faisceau hertzien de télévision en ondes centimétriques	A. LAURENS.	999
Equipement de base pour télévision industrielle.....	M. ALLARD.	1006
Etude du pouvoir résolvant des émulsions photographiques	R. MAUGE	1013
Les systèmes de transmission de télévision à bandes latérales asymétriques *(suite et fin)* ..	L. BOURASSIN.	1020
La vie et l'œuvre du Major Edwin H. Armstrong	P. B.	1041
Table des matières du volume XXXIV		1044

Sur la couverture :

L'antenne cigare de réception télévision CSF à grande distance, au centre d'essais de Fontaine-Raoul, de la Compagnie Générale de Télégraphie sans Fil.

Les opinions émises dans les articles ou comptes rendus publiés dans L'Onde Electrique *n'engagent que leurs auteurs.*

SOCIÉTÉ DES RADIOÉLECTRICIENS

BUTS ET AVANTAGES OFFERTS

La Société des Radioélectriciens, fondée en 1921 sous le titre « Société des Amis de la T.S.F. » a pour buts (art. 1 des statuts) :

1° De contribuer à l'avancement de la Radiotélégraphie théorique et appliquée, ainsi qu'à celui des Sciences et Industries qui s'y rattachent ;

2° D'établir et d'entretenir entre ses membres des relations suivies et des liens de solidarité.

Les avantages qu'elle offre à ses membres sont les suivants :

1° Service gratuit de la revue mensuelle *L'Onde Electrique* ;

2° Réunions mensuelles, avec conférences, discussions et expériences sur tous les sujets d'actualité technique ;

3° Visites de diverses installations radioélectriques : stations d'émission et de réception, postes de navires et d'avions, laboratoires, radiophares, expositions, studios, etc ;

4° Renseignements divers (joindre un timbre pour la réponse).

COTISATIONS

1° Membres titulaires, particuliers ..... 1 600 F
— sociétés ou collectivités 10 000 F. } au gré
25 000 F. } de la société
ou 50 000 F. } ou collectivité

2° Membres titulaires, agés de moins de vingt-cinq ans, en cours d'études en France..... 800 F.

Les membres de ces deux catégories, résidant à l'étranger, doivent verser en plus un supplément pour frais postaux de 400 F.

3° Membres à vie :

Les particuliers, membres titulaires peuvent racheter leur cotisation annuelle par un versement unique égal à dix fois le montant de cette cotisation soit ..... 16 000 F.

4° Membres donateurs :

Seront inscrits en qualité de donateurs, les membres qui feraient don à la Société, en plus de leur cotisation, d'une somme d'au moins 5 000 F.

5° Membres bienfaiteurs :

Auront droit au titre de « Bienfaiteurs », les membres qui auront pris l'engagement de verser pendant cinq années consécutives, pour favoriser les études ou publications techniques ou scientifiques de la Société, une subvention d'au moins ..... 15 000 F

Adresser la correspondance administrative et technique, et effectuer le versement des cotisations au Secrétariat de la Société des Radioélectriciens

SOCIÉTÉ DES RADIOÉLECTRICIENS
10, Avenue Pierre-Larousse, Malakoff (Seine)
Tél. ALÉSIA 04-16 — Compte de chèques postaux Paris 697-38
CHANGEMENTS D'ADRESSE : Joindre 20 francs à toute demande

SOCIÉTÉ DES RADIOÉLECTRICIENS

PRÉSIDENTS D'HONNEUR

† R. MESNY (1947) — † H. ABRAHAM (1947)

ANCIENS PRÉSIDENTS DE LA SOCIÉTÉ

		MM.
1922		M. de BROGLIE, Membre de l'Institut.
1923	†	H. BOUSQUET, Prés. du Cons. d'Adm. de la Cie Gle de T.S.F.
1924	†	R. de VALBREUZE, Ingénieur.
1925	†	J.-B. POMEY, Inspecteur Général des P.T.T.
1926		E. BRYLINSKI, Ingénieur.
1927	†	Ch. LALLEMAND, Membre de l'Institut.
1928		Ch. MAURAIN, Doyen de la Faculté des Sciences de Paris.
1929	†	L. LUMIÈRE, Membre de l'Institut.
1930		Ed. BELIN, Ingénieur.
1931		C. GUTTON, Membre de l'Institut.
1932		P. CAILLAUX, Conseiller d'Etat.
1933		L. BRÉGUET, Ingénieur.
1934		Ed. PICAULT, Directeur du Service de la T.S.F.
1935	†	R. MESNY, Professeur à l'Ecole Supérieure d'Electricité.
1936	†	R. JOUAUST, Directeur du Laboratoire Central d'Electricité
1937	†	F. BEDEAU, Agrégé de l'Université, Docteur es-Sciences.
1938		P. FRANCK, Ingénieur général de l'Air.
1939	†	J. BETHENOD, Membre de l'Institut.
1940	†	H. ABRAHAM, Professeur à la Sorbonne.
1945		L. BOUTHILLON, Ingénieur en Chef des Télégraphes.
1946		R.P. P. LEJAY, Membre de l'Institut.
1947		R. BUREAU, Directeur du Laboratoire National de Radioélectricité.
1948		Le Prince Louis de BROGLIE, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences.
1949		M. PONTE, Directeur Général Adjoint de la Cie Gle de T.S.F.
1950		P. BESSON, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées.
1951		Général LESCHI, Directeur des Services Techniques de la Radiodiffusion — Télévision Française
1952		J. de MARE, Ingénieur Conseil.
1953		P. DAVID, Ingénieur en chef à la Marine.

BUREAU DE LA SOCIÉTÉ

Président (1954)

MM. G. RABUTEAU, Directeur Général de la Sté « Le Matériel Téléphonique ».

Président désigné pour 1955 :

M.H. PARODI, Membre de l'Institut, Professeur au Conservatoire National des Arts et Métiers.

Vice-Présidents :

MM. R. AUBERT, Directeur Général adjoint de la S.F.R.
E. FROMY, Directeur de la Division Radioélectricité du L.C.I.E.
A. ANGOT, Ingénieur militaire en Chef, Directeur de la Section d'Etudes et de Fabrications des Télécommunications.

Secrétaire Général :

M.J. MATRAS, Ingénieur Général des Télécommunications.

Trésorier :

M.R. CABESSA, Ingénieur à la Société L.M.T.

Secrétaires :

MM. G. ESCULIER, Ingénieur Conseil.
R. CHARLET, Ingénieur des Télécommunications.
J.M. MOULON, Ingénieur des Télécommunications

SECTIONS D'ÉTUDES

N°	Dénomination	Présidents	Secrétaires
1	Etudes générales.	Colonel ANGOT	M. TOUTAN
2	Matériel radioélectr.	M. LIZON	M. ADAM
3	Electro-acoustique.	M. CHAVASSE.	M. POINCELOT
4	Télévision.	M. MALLEIN	M. ANGEL
5	Hyperfréquences.	M. WARNECKE	M. GUÉNARD
6	Electronique.	M. CAZALAS.	M. PICQUENDAR
7	Documentation.	M. CAHEN.	Mme ANGEL.
8	Electronique appliq.	M. RAYMOND.	M. LARGUIER.

GROUPE DE GRENOBLE

Président. — M.-J. BENOIT, Professeur à la Faculté des Sciences de Grenoble, Directeur de la Section de Haute Fréquence à l'Institut Polytechnique de Grenoble.

Secrétaire. — M. J. MOUSSIEGT, Chef de Travaux à la Faculté des Sciences de Grenoble.

GROUPE D'ALGER

Président. — M. A. BLANC-LAPIERRE, Professeur à la Faculté des Sciences d'Alger.

Secrétaire. — M. J. SAVORNIN, Professeur à la Faculté des Sciences d'Alger.

Les adhésions pour participation aux travaux des sections doivent être adressées au Secrétariat de la Société des Radioélectriciens, 10, Avenue Pierre-Larousse, à Malakoff (Seine).

CONSEIL DE LA SOCIÉTÉ DES RADIOÉLECTRICIENS

MM. A. BLANC-LAPIERRE, Professeur à la Faculté des Sciences d'Alger.
L. CAHEN, ancien Ingénieur en Chef des Télécommunications.
A. CAZALAS, Ingénieur aux Laboratoires de Télévision et Radar de la Cie pour la fabrication des Compteurs.
P. CHAVASSE, Ingénieur en Chef des Télécommunications.
A. DANZIN, Directeur de la Société « Le Condensateur Céramique »
A. DAUPHIN, Ingénieur Militaire Principal des Télécommunications.
J. DOCKES, Ingénieur des Télécommunications, Service des Recherches et du Contrôle Technique des P.T.T.
C. MERCIER, Ingénieur en Chef des Télécommunications.
J. BOULIN, Ingénieur des Télécommunications à la Direction des Services Radioélectriques.
F. CARBENAY, Ingénieur en Chef au Laboratoire National de Radioélectricité.
G. CHEDEVILLE, Ingénieur Général des Télécommunications.
R. FREYMANN, Professeur à la Faculté des Sciences de Rennes.
J. MARIQUE, Secrétaire Général du C.C.R.M. à Bruxelles.
F.H. RAYMOND, Directeur de la Société d'Electronique et d'Automatisme.
MM. J.L. STEINBERG, Maître de Recherches au C.N.R.S.
L. DE VALROGER, Directeur du Département Radar-Hyperfréquences de la Cie Française Thomson-Houston.
J. ICOLE, Ingénieur en chef des Télécommunications, Chef du Département Faisceaux-Hertziens, Direction des Lignes Souterraines à Grande Distance.
J. LOCHARD, Lieutenant Colonel, Chef des Services Techniques du Groupe de Contrôle Radioélectrique.
N'GUYEN THIEN CHI, Chef de Département à la Cie Gle de T.S.F., Ingénieur-Conseil Cie Industrielle des Métaux électroniques.
G. POTIER, Ingénieur à la Société « Le Matériel Téléphonique ».
P. RIVÈRE, Chef du Service « Multiplex » de la Sté Française Radioélectrique.
M. SOLLIMA, Directeur du Groupe Electronique de la Cie Française Thomson-Houston.
H. TESTEMALE, Ingénieur des Télécommunications.
A. VIOLET, Chef de Groupe à la Sté « Le Matériel Téléphonique ».

RÉSUMÉ DES ARTICLES

CONSIDÉRATIONS SUR LE FONCTIONNEMENT DES VIDIGRAPHES, par Y. ANGEL, *Ingénieur en chef des Télécommunications à la R.T.F.*. Onde Electrique de Décembre 1954 (pages 958 à 973).

L'auteur examine d'abord le problème d'ensemble de l'enregistrement photographique des signaux vidéo au moyen de la cinématographie des tubes cathodiques. Il indique les principales méthodes utilisées jusqu'à présent, ce qui lui sert d'introduction à l'étude d'une méthode originale utilisant un tube cathodique rémanent. Cette méthode, à sa connaissance, n'a pas fait jusqu'à ce jour l'objet d'études ailleurs qu'en France.

Les questions de sensitométrie sont ensuite examinées, spécialement en ce qui concerne la gradation des contrastes, c'est-à-dire le rendu des demi-teintes, problème majeur dans tous les domaines où interviennent plusieurs analyses de télévision en cascade.

Dans la dernière partie de l'article, sont exposées les raisons qui ont conduit au choix du procédé à tube rémanent, de préférence à tout autre procédé, et les bases de l'étude expérimentale actuellement en cours dans les laboratoires de la Radiodiffusion Télévision Française.

L'ENREGISTREMENT CINÉMATOGRAPHIQUE DES IMAGES DE TÉLÉVISION ET IMAGES SIMILAIRES (RADAR, etc...), par Y.-L. DELBORD, *Ingénieur en Chef, chargé du Département* INFRAROUGE ET TÉLÉVISION *au C.N.E.T.* Onde Electrique de Décembre 1954 (pages 974 à 980).

1° *Qualité résultant de la combinaison de deux enregistrements successifs.*

2° *Rappel des principaux procédés d'enregistrement cinématographique permettant d'établir un tableau comparatif des qualités résultantes et des prix de revient :*

— *Enregistrement sur film de 16 mm-de 35 mm.*

— *A 25 images/s à 16 images/s.*

— *Anamorphose au moyen de l'Hypergonar du professeur* CHRÉTIEN.

3° *L'enregistrement magnétique. Comparaison de la qualité obtenue et du prix de revient avec ceux résultant de l'enregistrement cinématographique.*

4° *Cas des programmes différés à transmettre sur spectre étroit.*

5° *Conclusion* provisoire. *A dépenses égales l'enregistrement photographique permettrait une qualité bien supérieure à celle de l'enregistrement magnétique.*

RECHERCHE DES RÈGLES PERMETTANT L'EXPLOITATION ÉCONOMIQUE ET RATIONNELLE DES « STANDARDS » DE TÉLÉVISION ACTUELS, par G. A. BOUTRY, P. BILLARD, L. LEBLAN, *Laboratoires d'Electronique et de Physique Appliquées*, Onde Electrique de Novembre 1954 (pages 824 à 837) et de Décembre 1954 (pages 989 à 998).

Après avoir défini les divers types de compatibilité pour un perfectionnement en Télévision, on s'attache principalement à étudier les perfectionnements compatibles pour les classes des procédés permettant de transmettre un double programme : ces procédés peuvent s'appliquer à la transmission de deux spectacles monochromes, d'un spectacle stéréoscopique ou d'un spectacle en couleurs.

Des propriétés de l'œil devant un spectacle de télévision — concernant la pollution tolérable, la limite de résolution, le papillotage — on peut tirer des règles applicables à tous les perfectionnements en Télévision et en particulier à la classe des systèmes à double programme. Ces règles concernent la puissance requise, le taux de diaphotie tolérable, la « définition », la largeur de bande et les fréquences admissibles. Un panorama des solutions déjà proposées ou imaginables est présenté : artifice des mixed-highs, séquences de cadres, entrelacement de lignes ou de points. Les avantages et les défauts de chaque solution sont indiqués et un choix parmi ces solutions est suggéré.

LES SYSTÈMES DE TRANSMISSION DE TÉLÉVISION A BANDES LATÉRALES ASYMÉTRIQUES, par L. BOURASSIN, *Ingénieur Chef de Section à la Société « La Radiotechnique»* Onde Electrique de Novembre 1954 (pages 897 à 913) et Décembre 1954 (pages 1020 à 1040).

Après avoir rappelé que, pour limiter l'encombrement dû aux spectres de fréquences importants nécessités par les procédés actuels d'analyse, on a été amené à ne transmettre intégralement qu'une bande latérale, l'autre étant tronquée, l'auteur examine les systèmes anglais, américain, C.C.I.R. ; il montre que, pour ces systèmes, le rapport de dissymétrie, rapport de la bande intégralement transmise à la bande tronquée, est sensiblement différent.

Dans une première série de courbes, l'auteur donne, en coordonnées universelles, de nombreuses figures qui représentent pour des rapports de dissymétrie de 3,3 — 5 — 8 et des profondeurs de modulation de 23 % — 33 % — 43 % — 60 % — 100 %, le comportement d'un signal « unité » dans un système à bandes latérales asymétriques.

Une seconde série de courbes permet d'examiner les déformations subies par une impulsion unique, puis par 2 impulsions successives, à travers un système à bandes asymétriques et un système à bandes symétriques de même encombrement total ; on met ainsi en évidence le pouvoir de séparation d'un système de transmission à bandes latérales asymétriques.

Dans une troisième série de courbes, on fait apparaître, à l'aide du « spectre vidéo équivalent », l'influence sur les régimes transitoires de la forme de la fonction de transmission autour de la fréquence porteuse, ainsi que l'influence du niveau de la fréquence porteuse par rapport au maximum de la fonction de transmission globale.

Passant ensuite au cas réel, l'auteur montre que les systèmes à bandes latérales asymétriques sont caractérisés par de la distorsion de phase dans la partie inférieure du spectre des fréquences de modulation. Il envisage la possibilité d'une pré-correction de cette distorsion. Il met en évidence l'importance du sens de modulation. Il indique quelles seraient les modifications à apporter à un système standardisé, de rapport de dissymétrie donné, pour améliorer la transmission. Il montre comment la distorsion de phase modifie le signal pour un rapport de dissymétrie donné et il termine en résumant les possibilités offertes à l'analyse des cas réels par l'emploi de signaux à spectres limités.

UTILISATION D'UN FAISCEAU HERTZIEN A GRANDE PUISSANCE EN ONDES CENTIMÉTRIQUES POUR LA TRANSMISSION VERS LA GRANDE-BRETAGNE DES PROGRAMMES EUROPÉENS DE TÉLÉVISION. — LIAISON CASSEL-DOUVRES, par André LAURENS, *Société « Télécommunications Radioélectriques et Téléphoniques »*. Onde Electrique de Décembre 1954 (pages 999 à 1005).

L'auteur examine d'abord quelques facteurs qui militent en faveur de l'augmentation de la puissance d'émission des faisceaux Hertziens actuellement utilisés. Il décrit un matériel de faisceau Hertzien utilisé pour la transmission d'un programme de télévision (modulation Vidéo et modulation son sur le même faisceau). La puissance d'émission est supérieure à 10 watts à 3 500 Mc/s. L'auteur donne ensuite un exemple d'utilisation d'un tel matériel pour la transmission des signaux de télévision au-dessus du Pas-de-Calais. Il indique à cette occasion quelques aspects de la propagation des ondes de 3500 Mc/s au-dessus de la mer en réception normale et en réception en diversité d'espace, en reproduisant certains enregistrements du champ reçu.

LE CENTRE DE TÉLÉVISION DE MILAN, par A. MAGELLI, Onde Electrique de Décembre 1954 (pages 981 à 988).

La télévision italienne, qui avait procédé depuis longtemps à des émissions expérimentales, à Turin, a ouvert un service public régulier depuis le 1er janvier 1954 et dispose de studios et d'antennes émettrices à Milan, à Turin et à Rome, ainsi que de liaisons hertziennes pour échanger des programmes entre ces divers centres d'émission et avec le réseau dit « européen » par l'intermédiaire de la Suisse. L'article décrit plus spécialement le Centre de Télévision de Milan qui dispose de 5 studios aménagés de la façon la plus moderne et de deux équipements pour reportages extérieurs.

WRH

PAPERS SUMMARIES

VESTIGIAL SIDE BAND TELEVISION TRANSMISSION SYSTEMS, by L. Bourassin, *Ingénieur Chef de Section à la Société « La Radiotechnique »*. Onde Electrique, November 1954 (pages 897 to 913) and December 1954 (pages 1020 to 1040).

The author recalls that vestigial sideband transmission was introduced in order to reduce the bandwidth required for transmitting a television signal, and examines the British, American and C.C.I.R. systems. He shows that the ratio of the complete sideband to the vestigial sideband (which he calls « dissymmetry ratio ») differs appreciably for the three systems.

In his first series of curves the author gives numerous figures representing the behaviour of a « unit » signal in a vestigial sideband system. Results are given for « dissymmetry ratios » of 3.3, 5 and 8, and for modulation depths of 23, 33, 43, 60 and 100 %. Universal coordinates are used.

A second series of curves shows the deformation experienced, first by a single impulse and then by two impulses in succession, in traversing a vestigial sideband system. The corresponding results for a symmetrical sideband system occupying the same total bandwidth are also given, and the resolving power of the vestigial sideband system is thus demonstrated.

A third series of curves shows the influence on transients of the sideband characteristics in the region of the carrier frequency ; it also deals with the effect of the magnitude of the carrier with respect to the complete sideband. The concept of the « equivalent video spectrum » is used in this connection.

The author then proceeds to the practical case, and shows that vestigial sideband systems are characterised by low frequency phase distortion. He considers the possibilities of pre-equalisation for this effect, and demonstrates the importance of the modulation sense. He describes the modifications that should be made to a standardised system, with a given dissymmetry ratio, in order to improve transmission. He also shows how phase distortion modifies the signal for a given dissymmetry ratio and concludes with a résumé of the possibilities offered by the use of signals of limited bandwidth in analysing practical cases.

HIGH POWER CENTIMETRIC WAVE SYSTEM FOR TELEVISION TRANSMISSION TO GREAT BRITAIN IN THE EUROPEAN EXCHANGE-CASSEL/DOVER LINK, by André Laurens, *Société « Télécommunications Radioélectriques et Téléphoniques »*. Onde Electrique, December 1954 (pages 999 to 1005).

The author first considers certain factors which favour an increase in the power used in microwave links. The actual system which transmitted both the video and sound components of the programme is described. The transmitted power is greater than 10 watts at 3,500 Mc/s. Following on this the television transmission across the Straits of Dover is given as an example of the use of this same apparatus. Some of the propagation problems involved in transmitting across the sea at 3,500 Mc/s are discussed both for normal and space diversity reception, and received field strangth recordings are reproductions.

THE MILAN TELEVISION CENTRE, by A. Magelli. — Onde Electrique, December (pages 981 to 988).

Italian television which, for some time, has been carrying out experimental transmissions at Turin, has from January lst 1954 opened a public service using studios and transmitters at Milan, Turin and Rome. Radio links are provided to exchange programmes between the various transmission centres and with the European network via Switzerland. The article deals in particular with the Milan Television Centre which includes 5 studios furnished according to most modern practice, and two outside broadcast equipments.

STUDY OF TELERECORDING METHODS, by Y. Angel, *Ingénieur en chef des Télécommunication R.T.F.* Onde Electrique, December 1954 (pages 958 to 973).

The author considers first the overall problem of recording television pictures from the face of a cathode ray tube on cinematograph film. The principal methods used up to the present are given and this serves as an introduction to a novel method on a storage type cathode ray tube. This method, as far as is known, has only been considered in France up to the present.

Measurements of sensitivity are next examined, especially with regard to gradation of contrast, that is to say, the reproduction of half tones, which is a major problem when there are several television processes in cascade.

The latter part of the article describes the reason for choosing a method using a memory type tube, why this is preferred to all other methods, and the basis of the actual development work now in hand at the laboratories of Radiodiffusion Télévision Française

CINEMATOGRAPH RECORDINGS OF TELEVISION ON SIMILAR IMAGES (RADAR etc.), *by* Y. L. Delbord, *Ingénieur en chef, chargé du Département* INFRAROUGE et TÉLÉVISION au C.N.E.T., Onde Electrique, December 1954 (pages 974 to 980).

1. — Quality resulting from the combination of two successive recordings.

2. — Comparison of the principal cinematograph recording methods leading to a table showing their comparative performances and prices :
   — Recording on 16 mm and 35 mm film.
   — At 25 and 16 pictures per second.
   — Professor Chrétien's 'Hypergonar '.

3. — Magnetic recording. Comparison of performance and cost between magnetic and photographic recording.

4. — Case of different programmes to be transmitted in a narrow spectrum.

5. — Provisional conclusion. For equal cost photographic recording gives a much superior quality to magnetic recording.

STUDY OF RULES GOVERNING THE RATIONAL AND ECONOMIC USE OF TELEVISION STANDARDS, by G. A. Boutry, P. Billard, L. Leblan, *Laboratoires d'Electronique et de Physique Appliqués*. Onde Electrique, November 1954 (pages 824 to 837) and December 1954 (pages 989 to 998).

After defining various types of compatibility for an ideal television system, most attention is directed to studying improved compatible systems for transmitting a double programme which can be applied to two monochrome pictures, a stereoscopic picture, or a colour picture.

By considering the subjective effect of interference, limit of resolution and flutter, it is possible to deduce rules for the ideal system, particularly as regards systems transmitting a double programme. These rules specify power required, maximum tolerable picture crosstalk, definition, bandwidth and admissible frequencies. A survey of the solutions already proposed or envisaged is given: artifices of mixed-highs, sequential frames, line or dot interlace. The advantages and disavantages of each system are given, and a choice of solution is suggested.

WRH

LA CONTRIBUTION DE HENRI POINCARÉ A LA RADIOÉLECTRICITÉ ET AUX TÉLÉCOMMUNICATIONS [1]

PAR

Edouard PICAULT

Notre Société a tenu à rendre un hommage particulier à Henri POINCARÉ à l'occasion du centenaire de sa naissance (2). Les travaux de ce grand savant s'étendent à toutes les parties des sciences mathématiques et physiques et ils portent, en particulier, sur les trois objets principaux de nos travaux : radioélectricité, télécommunications, électronique, où sa contribution a une valeur inestimable. Nous nous bornerons à exposer ici quelques points particulièrement importants de son œuvre, en rapport étroit avec ces trois sciences et nous laisserons de côté les questions d'un caractère purement mathématique qui ont eu des applications en radioélectricité, par exemple les mémoires sur les courbes définies par une équation différentielle ou sur les séries asymptotiques. On rencontre souvent, dans les publications actuelles des applications des résultats obtenus par le grand mathématicien : c'est ainsi que dans le travail de MM. RYDBECK et AGDUR (3), relatif à la propagation des ondes de charge d'espace dans un milieu à structure périodique, figure l'équation de Hill, une des équations à coefficients périodiques étudiées par Poincaré dans son ouvrage célèbre « *Les méthodes nouvelles de la mécanique céleste* ».

Poincaré a été nommé professeur de mécanique physique et de calcul des probabilités à la Sorbonne, en 1886. Peu après, en 1888, les expériences de Hertz venaient apporter la confirmation expérimentale des idées de Maxwell, relatives à la propagation de l'électricité avec la vitesse de la lumière, mais, dans la théorie de Maxwell comme dans les expériences, beaucoup de points restaient inexpliqués et les difficultés ne manquaient pas. Les idées auxquelles nous sommes accoutumés maintenant commençaient seulement à se faire jour, en produisant un véritable bouleversement de « l'ancienne physique ». L'appareil mathématique du traité de Maxwell était cause de la méfiance de nombreux physiciens et le mode d'exposition paraissait étrange à beaucoup de lecteurs. L'activité de Poincaré s'est tournée vers ces questions difficiles. Il nous reste un exposé de ses idées dans plusieurs volumes de son cours de physique mathématique et, en particulier dans deux ouvrages qui nous intéressent directement : « *Les oscillations électriques* » (1894) et « *Electricité et Optique* » dont la seconde édition, datée de 1901, contient un exposé de la théorie de Maxwell et, dans le chapitre intitulé « *Théorie de Lorentz* », un premier traité d'électronique; un troisième ouvrage, publié dans la collection Scientia est intitulé « *La théorie de Maxwell et les oscillations Hertziennes — La télégraphie sans fil* » (1899) ; le grand savant y expose l'état de la question à la fin du 19e siècle, sans calcul, mais avec une méthode scientifique rigoureuse. La lecture de ces ouvrages ne remplace pas l'étude des mémoires originaux de leur auteur, mais elle constitue un ensemble de premier ordre, et un exposé magistral des résultats importants (4).

Dès le début des expériences de Hertz, POINCARÉ a repris et complété la théorie de « l'excitateur », qui était l'émetteur employé à produire des ondes amorties, les seules qu'on ait su produire pendant de nombreuses années; en particulier il a rectifié une erreur que Hertz avait commise dans le calcul de la capacité du circuit oscillant et il a montré qu'il convenait de prendre la moitié du chiffre donné par Hertz; cette rectification importante a permis d'améliorer la vérification expérimentale de la théorie.

A la suite de Hertz, l'étude expérimentale des oscillations électriques a été poursuivie par plusieurs physiciens, et notamment par SARASIN et de la RIVE, à Genève, qui employaient comme récepteur le « résonateur » de Hertz, simple boucle de fil métallique terminée par un éclateur; en utilisant plusieurs résonateurs de dimensions différentes, ils ont observé que la longueur d'onde mesurée dépendait du résonateur, l'excitateur restant le même ; ils ont donné le nom de résonance multiple à ce phénomène, qui avait surpris les savants

(1) Réunion à la Sorbonne de la Société des Radioélectriciens du 19 Juin 1954.

(2) Nous tenons à remercier nos collègues MM. BOUTHILLON et Louis CAHEN d'avoir bien voulu nous aider de leurs conseils dans la rédaction de cette notice.

(3) Onde Electrique de Juin 1954.

(4) Il est intéressant de signaler que *Electricité et Optique* contient un exposé de la théorie des diélectriques de POISSON et MOSSOTTI, appliquée dans des travaux récents sur les diélectriques artificiels.

de l'époque, guidés par l'analogie acoustique. Poincaré a donné l'explication de cette expérience à partir de l'équation relative à l'intensité i dans le circuit du résonateur

$$\frac{d^2 i}{dt^2} + \beta^2 i = Bl^{-\alpha t} \operatorname{Cos} \gamma t + Cl^{-\alpha t} \operatorname{Sin} \gamma t$$

où β caractérise le résonateur, α et γ se rapportent à l'excitation. Il nous traduit le résultat en un langage simple que l'on peut résumer comme suit : l'excitateur produit des oscillations beaucoup plus amorties que les vibrations propres du résonateur, le rapport des décréments logarithmiques étant de l'ordre de $\frac{1}{100}$, d'après les mesures faites au cours des expériences; les oscillations du résonateur persistent donc longtemps après que l'excitation a disparu, de sorte que le résonateur oscille avec sa fréquence propre. Cette explication est devenue classique et on s'étonne maintenant qu'elle ait donné lieu à des discussions quand elle a été établie.

Un autre travail important et célèbre se place à cette époque, la résolution de l'équation des télégraphistes par la fonction J_0 de Bessel (séance de l'Académie des sciences du 26 Décembre 1893). Il est intéressant de noter que Poincaré a employé l'intégrale de Fourier. Dans son livre, *Les oscillations électriques*, il discute la solution et il montre que, dans une ligne présentant une résistance finie, l'onde produite par une impulsion de tension (comme nous dirions maintenant) conserve un front raide, mais qu'elle s'étale vers l'arrière en produisant une « diffusion » du courant. Ce problème est traité dans un paragraphe intitulé « Explication de la diffusion », à propos de la mesure de la vitesse de propagation de l'électricité dans les fils par Fizeau et Gounelle, qui produisaient des impulsions de tension par un appareil qui rappelait la roue dentée, employée pour mesurer la vitesse de la lumière dans les expériences célèbres de Fizeau, et qui était formé par une roue en bois munie de secteurs en platine, animée d'une rotation rapide; ils avaient constaté la « diffusion », dont Poincaré donne l'explication ; il signale de plus que les expériences ont été faites sur deux lignes télégraphiques, l'une en fer de 314 km (Paris-Amiens), l'autre en fer et en cuivre, de 288 km (Paris-Rouen) et que sur la seconde ligne la vitesse de propagation est plus élevée que sur la première, conformément à la théorie. Ce dernier point distingue Poincaré d'autres mathématiciens ; il discute les solutions qu'il obtient et il donne l'application numérique quand cela lui paraît important. Ce problème de l'équation des télégraphistes a été repris quelques années plus tard par Poincaré dans son cours sur la théorie analytique de la propagation de la chaleur, où il expose les méthodes de Fourier ; il y expose le détail du calcul de la solution, omis dans le précédent ouvrage, et il étudie les propriétés analytiques de l'intégrale de Fourier.

Des travaux importants de Poincaré sur la diffraction des ondes électromagnétiques se placent quelques années plus tard. En 1900 Marconi avait réalisé une communication à une distance de 300 km et il avait entrepris la construction de la station de Poldhu, en Irlande, qui a permis de communiquer à une distance de 3 500 km avec un poste récepteur installé à Terre-Neuve, le 12 Décembre 1901. Il fallait expliquer cette propagation à grande distance autour de la sphère terrestre. En raison de la grande longueur d'onde employée, on pouvait prévoir une diffraction importante, dont il restait à établir la grandeur. Poincaré était préparé à cette étude difficile par ses travaux précédents, portant en particulier sur la diffraction de la lumière ; il l'a abordée dans plusieurs mémoires sans conclure d'une manière définitive mais en laissant prévoir que la diffraction à elle seule ne suffit pas à expliquer la propagation à grande distance, ce que ses continuateurs ont confirmé. Il ne faut pas sous-estimer la valeur de ce travail : les premières expériences faites sur des longueurs d'onde de 5 000 et 7 000 m avaient donné des résultats divergents qu'il était difficile d'interpréter : par exemple, la longueur d'onde de 5 000 m était mieux reçue le jour que la nuit, contrairement au résultat qui a été établi plus tard. Les expériences, à cette époque, étaient extrêmement difficiles. Dans la suite les appareils ont été perfectionnés et l'expérience a donné des résultats concordants et indiscutables, mais la théorie établie garde sa valeur et elle a eu plusieurs applications importantes.

En 1896 Poincaré a abandonné la chaire de physique mathématique et est devenu professeur de mécanique céleste, tout en continuant à s'occuper de physique. Mais quelques années plus tard son activité devait être orientée à nouveau vers les télécommunications. En 1902 l'Ecole Supérieure des Postes et Télégraphes a été réorganisée par son directeur, Estaunié. Soucieux de développer l'esprit scientifique des ingénieurs formés par l'école, Estaunié a fait appel à Poincaré pour donner une partie de l'enseignement de l'électricité théorique. Poincaré a présenté ainsi devant les promotions successives des élèves, à la fin de leurs études, de 1904 à 1912, cinq séries de conférences originales sur des sujets relatifs aux télécommunications ou à l'électricité, auxquelles tenaient à assister la plupart des ingénieurs des P. T. T. résidant à Paris.

La première série de conférences (1904) est consacrée à la propagation du courant électrique sur une ligne munie d'appareils à ses extrémités. Poincaré étend à ce cas la solution qu'il a donnée dans son cours de la Sorbonne en y introduisant des conditions aux limites de la pratique ; il traite le cas d'une ligne présentant résistance, perditance, inductance et capacité et il met en évidence le cas particulier de la ligne dite maintenant ligne sans déformation où une transformation simple permet de ramener l'équation des télégraphistes à l'équation des cordes vibrantes.

La seconde série de conférences (1906) est intitulée « Théorie du récepteur téléphonique ». C'est, à notre connaissance, la première fois que la théorie du téléphone a fait l'objet d'une étude complète. Le point de départ est l'application des équations de Lagrange étendues par Maxwell aux phénomènes électriques. Pour tenir compte de l'aimant perma-

nent, Poincaré introduit les courants particulaires d'Ampère, circulant dans des circuits dépourvus de résistance et de force électromotrice. Il établit le système des 2 équations différentielles dont dépendent l'intensité du courant et le déplacement de la plaque en négligeant d'abord l'hystérésis et les courants de Foucault ; il applique ces équations au cas d'un récepteur Ader, à partir des valeurs numériques des constantes électriques et mécaniques mesurées par Henri Abraham, notre ancien Président et par Devaux-Charbonnel, un des savants ingénieurs des P. T. T. de cette époque. Il introduit ensuite les courants de Foucault et l'hystérésis, et montre que l'hystérésis est assez faible pour être négligée ; il indique enfin l'influence de la ligne, se bornant d'ailleurs au cas de la ligne sans déformation. Les chapitres de cette étude sont ceux d'un cours d'électrotechnique, mais les méthodes employées sont complètement originales.

Les conférences de 1908 et de 1910 sont relatives à la télégraphie sans fil. Dans ses « *Conférences sur la télégraphie sans fil* » de 1908, Poincaré débute ainsi « Mon intention n'est pas de vous faire une théorie complète de la télégraphie sans fil, mais de vous exposer quelques théories mathématiques susceptibles de faciliter l'intelligence de ces phénomènes ». Après avoir indiqué les équations de Maxwell et leurs principales solutions : potentiel vecteur de Maxwell, potentiel vecteur retardé de Lorentz, potentiel vecteur de Hertz, solutions périodiques amorties, il étudie la longueur d'onde et le rayonnement d'un excitateur et il en fait l'application à l'antenne. Il s'occupe ensuite de la diffraction des ondes dans leur propagation autour de la terre, étude nécessaire, nous dit-il « avant d'admettre l'existence de la propagation par réflexions successives sur la surface du sol et les parties élevées de l'atmosphère, où l'air, très raréfié est conducteur ». Il aborde ensuite la réception des signaux, puis la direction des ondes et il termine par une théorie de l'équation :

$$Ly\frac{dy}{dx} + \rho y + \theta(y) + Hx = 0$$

à laquelle se ramène l'entretien des oscillations d'un circuit oscillant par un arc (x est la charge du condensateur de capacité $\frac{1}{H}$, L, l'inductance, $\rho \frac{dx}{dt}$ comprend l'amortissement produit par la résistance et les autres causes d'amortissement. $y = \frac{dx}{dt}$.

En 1910, dans ses leçons intitulées, « *Sur diverses questions relatives à la télégraphie sans fil* » Poincaré applique l'équation de Fredholm au calcul de l'amortissement et de la longueur d'onde d'un excitateur de forme donnée, en généralisant la méthode qui donne la distribution de l'électricité sur un conducteur ; l'emploi des fonctions fondamentales lui permet de simplifier les difficultés du calcul ; il montre comment, connaissant la solution pour un cas déterminé, on peut l'étendre à un cas un peu différent : il étudie enfin deux cas particuliers.

En 1912 Poincaré est revenu à une question de science pure. Ses conférences intitulées « *Dynamiques de l'électron* » ont porté sur les points suivants : trajectoire d'un électron dans un champ magnétique, cas où le champ est produit par un seul pôle d'aimant, principe de l'égalité de l'action et de la réaction et quantité de mouvement électromagnétique, pression de radiation, principe de relativité, expérience de Fizeau, expérience de Michelson, notion de temps réduit, transformation de Lorentz, contraction de Lorentz, gravitation ». Pour beaucoup d'entre nous, elles ont constitué une initiation à des questions qui devaient nous occuper beaucoup dans la suite de notre carrière.

Ces conférences de Poincaré avaient eu un grand retentissement ; pour ne citer qu'un exemple, un ouvrage allemand, « *Theoretische telegraphie* » de Breising, donnait un résumé de la théorie du récepteur téléphonique dans sa première édition, parue en 1908. Les auditeurs avaient été frappés par le caractère original des questions traitées et des méthodes employées : c'était une science vivante qui s'offrait à eux. Ce sentiment n'était pas une illusion. Le grand mathématicien italien Volterra nous a dit que Poincaré a dominé la physique mathématique tout entière aussi bien dans l'établissement des théories mathématiques élevées à partir des résultats de la physique, que dans l'explication des expériences. Dans les travaux que nous venons de citer, Poincaré fait preuve du sens physique le plus aigu, donnant des explications qui échappent aux expérimentateurs et traitant des problèmes qui intéressent l'ingénieur, en faisant au besoin les approximations nécessaires dont il évalue l'importance. Les explications qu'il a données sont devenues définitives ; l'énorme développement de la science qui s'est accompli depuis quarante ans n'a fait que les confirmer.

Les conférences de 1912 avaient eu lieu du 29 Juin au 2 Juillet ; nous avions tous eu le sentiment d'avoir en Poincaré non seulement un professeur, mais un guide incomparable, qui traitait avec la plus grande aisance les questions les plus difficiles : nous espérions que, pendant de nombreuses années encore, il serait présent pour nous conseiller dans nos travaux, et cela nous paraissait d'autant plus nécessaire que nous pressentions qu'une évolution profonde allait se produire dans la technique des télécommunications. Aussi ce fut pour nous une surprise bien pénible que la nouvelle de sa fin prématurée survenue le 17 Juillet 1912, deux semaines après sa dernière leçon. Nous devions apprendre, dans la suite, que Poincaré avait tenu à faire ses conférences de l'Ecole Supérieure des P. T. T. et à achever ses travaux de l'année scolaire avant d'entrer à la maison de santé où il devait subir une opération grave. C'est la dernière leçon que nous avons reçue de lui, la fidélité aux engagements pris, l'exactitude à remplir son devoir. S'il m'est permis de donner une impression personnelle, il s'y ajoute pour nous une profonde reconnaissance envers ce grand maître de la science qui a voulu terminer sa tâche auprès des débutants que nous étions.

CONSIDÉRATIONS SUR LE FONCTIONNEMENT DES VIDIGRAPHES

PAR

Y. ANGEL

Ingénieur en Chef des Télécommunications
Services des Etudes de la R. T. F.

1. — Introduction.

Le présent article n'a pas la prétention de traiter dans son ensemble la question des *vidigraphes* (1) c'est-à-dire des enregistreurs permettant de fixer sur film les programmes de télévision. Il se propose seulement de dégager, d'après des données tantôt théoriques, tantôt expérimentales, les conclusions auxquelles nous sommes parvenu au cours des études entreprises par les laboratoires de la R. T. F., concernant les problèmes majeurs posés par la cinématographie d'images sur tube cathodique.

D'ici quelques mois, nous pensons compléter cet article par le compte rendu des résultats atteints dans les laboratoires de l'Administration.

2. — Problème d'ensemble.

La première idée qui vient à l'esprit pour enregistrer photographiquement un programme de télévision consiste à filmer l'image formée sur un tube cathodique au moyen d'une caméra cinématographique. A ce point de vue, le fonctionnement du vidigraphe s'apparente à celui du convertisseur de standard, dans lequel on reprend l'image sur tube au moyen d'une caméra de télévision.

Mais l'image sur tube n'étant en réalité qu'un spot lumineux mobile, on n'a pas le droit de raisonner vis-à-vis de la caméra de cinéma ni vis-à-vis de la caméra de télévision comme s'il s'agissait d'une image naturelle dont tous les points sont simultanément présents. Les incidences de ce fait sur le fonctionnement des tubes de prise de vue ont été analysées par A. Cazalas [1] à propos des convertisseurs de standard. Examinons tout d'abord les conséquences du même fait sur la prise de vue cinématographique.

Lorsque l'on photographie une image de télévision avec une optique d'ouverture constante mais avec un temps de pose variable, on constate que, contrairement à ce qui se passe pour une image naturelle, la densité optique des parties exposées reste constante mais que le champ d'exposition varie. Si le tube cathodique n'a pas une rémanence appréciable, la portion de l'image photographiée correspond précisément à l'ensemble des lignes balayées pendant l'ouverture de l'obturateur.

Quel que soit le standard européen considéré (50 trames par seconde, entrelacement d'ordre 2), une pose de 1/50 s déclenchée au début d'une trame enregistre cette trame seule, c'est-à-dire donne une image ayant une définition verticale réduite de moitié par rapport à l'image télévisée complète. Pour obtenir une image avec sa linéature complète il faut poser 1/25 s, avec déclenchement au début d'une trame. En fait, ce temps de pose peut être légèrement réduit puisqu'il existe un intervalle mort séparant la transmission de 2 trames consécutives, dont la valeur nominale [2] est :

système à 405 lignes : 1,4 ms.
« « 625 « : 1,2 ms.
« « 819 « : 2,0 ms.

Passant de la photographie à la cinématographie, il apparaît que la prise de vue sur tube est possible sans aucun artifice à condition de disposer d'une caméra tournant à 25 images/seconde, dont le temps d'obturation entre les expositions de deux images successives soit inférieur aux temps morts indiqués ci-dessus. En fait, même dans le standard français, ce temps d'obturation doit être réduit à 1,5 ms environ pour laisser une marge de sécurité tenant compte des inévitables balancements de phase provenant des pompages des moteurs synchrones et du jeu des trains d'engrenages. Les efforts imposés dans ces conditions au film et au mécanisme d'entrainement sont comparables à ceux qui s'exerceraient dans une caméra normale (temps d'obturation 20 ms à 25 im/s) si on l'accélérait dans le rapport $\frac{20}{1,5}$, c'est-à-dire si elle tournait à plus de 330 images/seconde. Il n'est pas

(1) Néologisme que nous avons cru bon de proposer, alors que la pratique de l'enregistrement photographique sur tube cathodique se répand de plus en plus en radiodiffusion visuelle, pour réagir contre des termes vicieux, avant que ceux-ci, par l'usage, aient pris droit de cité.

douteux que des mécanismes supportant de tels efforts soient réalisables, mais que dire de leur tenue en exploitation au régime de plusieurs heures par jour ? Que dire également de la fixité de prise de vue de telles caméras ?

A plusieurs reprises des mécanismes à escamotage ultra-rapide ont été réalisés et essayés, mais ils sont toujours restées à l'état de prototype. Ne voyant donc pas d'avenir pratique dans ce procédé, il convient de rechercher des solutions qui tournent la difficulté cinématique du problème au moyen d'artifices comblant les lacunes d'exposition d'une caméra normale ou mettant à profit le mode d'analyse de l'image de télévision.

Dans ce but plusieurs principes de base peuvent être employés, lesquels peuvent se grouper en 3 catégories :

1° Utilisation d'un film en déroulement continu.

Une image est tracée sur un écran par un spot cathodique selon une loi d'analyse telle que, compte tenu au besoin d'une compensation optique supplémentaire, on obtienne, en projection sur le film, la synthèse d'une image fixe par rapport à celui-ci.

2° Utilisation d'un film à défilement intermittent, avec temps d'escamotage normal.

Le temps d'escamotage étant plus grand que la durée de la suppression de trame de télévision, il faut admettre une perte d'information se traduisant soit par l'abandon pur et simple d'une trame sur deux, soit par une perte de cadrage de l'image, soit enfin par la réduction du nombre d'images complètes enregistrées par seconde. C'est en général à cette dernière solution que l'on fait appel. Aux Etats-Unis où la fréquence de la télévision est de 30 images par seconde et celle du cinéma 24, cette solution intervient presque naturellement [3]. En Europe, il n'en est pas de même puisque les deux fréquences sont de 25 par seconde. On est conduit, soit à renoncer au caractère standard du film obtenu (système à 16 2/3 images/seconde, système mettant en jeu deux bandes de film alternativement impressionnées, etc...), soit recourir à des caméras à double fenêtre de prise de vue, dont la mise au point mécanique semble à priori fort délicate.

3° Introduction d'un organe à mémoire.

Cet organe, employé conjointement avec une caméra cinématographique normale a pour rôle évident d'accumuler les informations video débitées pendant les temps de fermeture de l'obturateur pour les libérer pendant les temps d'ouverture. Il peut intervenir, par exemple, dans un convertisseur de standard transformant le signal video en un nouveau signal, à temps de suppression élargi. Cette solution est toutefois à peine pensable à cause de sa complication et des distorsions nombreuses qu'elle entraînerait. La solution la meilleure consisterait à avoir un écran d'image à accumulation parfaite, avec possibilité d'effaçage, du genre *Eidophore*, mais faute de savoir réaliser un tel organe d'une manière simple, on se contente d'un tube cathodique à longue persistance. Une correction électrique devient alors nécessaire pour compenser l'affaiblissement quasi-exponentiel au cours du temps des signaux emmagasinés sous forme d'image.

*
**

Parmi les diverses méthodes de réalisation des procédés ci-dessus, seules nous paraissent viables celles qui permettent d'obtenir un *film standard* sans faire appel à aucun traitement cinématographique autre que les traitements usuels. Par ailleurs, nous n'avons entrepris d'expérimentation que sur des procédés ne faisant pas appel à des dispositifs mécaniques foncièrement nouveaux à savoir la méthode du *télécinéma « flying-spot » inversé* et la méthode du *tube rémanent* qui se rattachent respectivement au 1° et 3° ci-dessus. On trouvera dans KEMP [4] d'abondantes données sur de nombreuses autres méthodes expérimentées au Royaume-Uni.

Quelque soit le procédé employé pour résoudre le problème cinématique de l'enregistrement, les problèmes sensitométriques fondamentaux demeurent : ce sont eux que nous aborderons tout d'abord.

3. — QUESTIONS DE SENSITOMÉTRIE.

3.1 — *Caractéristiques externes de l'appareillage.*

Les conditions relatives aux « téléfilms » obtenus par enregistrement sur tube cathodique peuvent se formuler de la manière suivante:

a) Qualité des images restituées en télécinéma équivalente à celle donnée par les films cinématographiques usuels.

b) Conditions de traitement des films (développement, tirage, etc...) identiques à celles des films cinématographiques normaux.

c) Réglages des télécinémas (illumination du film, gain des amplificateurs, ajustage du niveau du noir, correction de contraste, etc...) restant dans les limites couramment rencontrées lors de la transmission des films usuels.

La condition b) provient du souci de ne pas spécialiser les travaux de production de *téléfilms* au sein de l'activité cinématographique générale d'un centre d'exploitation ; les conditions a) et c) sont nécessaires pour permettre le montage bout à bout de séquences obtenues par les procédés usuels directs ou par le vidigraphe.

Les documents réalisés en vue de leur passage en télécinéma peuvent être soit positifs, soit négatifs. Il résulte toutefois de la condition b) que si un téléfilm positif et une bande standard usuelle se comportent optiquement de la même manière, il doit en être de même des négatifs dont ces documents sont issus. Ainsi l'aptitude des télécinémas

à passer les négatifs des films usuels entraîne la même aptitude pour les téléfilms.

L'utilisation de documents négatifs ne posant donc pas de problème particulier on se contentera ici d'étudier l'élaboration de bandes positives.

Celles-ci peuvent être obtenues à partir du signal vidéo au moyen de diverses combinaisons :

— image positive sur le tube cathodique, processus photographique négatif-positif;

— image positive sur le tube cathodique, processus photographique inversible;

— image négative sur le tube, processus photographique simple sans inversion.

Pour satisfaire à la condition b) on admettra que les émulsions sont toujours utilisées dans leur zone d'exposition normale et qu'elles sont développées de telle sorte que le gamma global soit égal à 1,3 tant pour le processus négatif-positif que pour le processus inversible, lesquels n'auront donc plus à être distingués par la suite. Dans le cas du processus photographique simple, on admettra que le gamma de développement correspond à celui des négatifs usuels c'est-à-dire est d'environ 0,6 à 0,7

La condition b) ci-dessus ainsi précisée, il reste maintenant à dégager des conditions a) et c) les caractéristiques externes, tant d'entrée que de sortie à imposer à un vidigraphe. La condition a) se subdivise elle-même en plusieurs autres concernant la géométrie, la finesse, etc... mais c'est sur l'aspect du rendu des demi-teintes que l'attention sera concentrée ici. Il convient tout d'abord d'examiner rapidement et dans ses grandes lignes la réponse amplitude/amplitude des éléments existant dans une chaîne de télévision normale.

1. Système analyseurs.

Les systèmes analyseurs utilisant des tubes tels que le supericonoscope ou le vidicon ont une loi de réponse tension/brillance fort complexe puisqu'en vérité la valeur instantanée du signal vidéo fourni ne dépend pas seulement de la luminosité du point d'image correspondant, mais aussi des luminosités de tous les autres points du champ exploré. Une partie des défauts connus sous les noms de *traînage* et de *taches* provient de là. Si l'on admet comme possible de corriger suffisamment ces défauts et d'introduire correctement le niveau du noir, on peut énoncer qu'à chaque instant l'amplitude du signal de vision au-dessus du noir reste à peu près proportionnelle à la puissance 0,65 de la luminosité du point d'image en cours d'analyse.

Selon la terminologie des photographes, le signal vidéo en question est au gamma 0,65 par rapport à l'original.

Dans le cas d'analyse par spot lumineux (*flying spot*) ou par tube image-orthicon (1), la tension vidéo instantanée, comptée à partir du niveau du noir pris pour origine, est sensiblement proportionnelle à la luminosité du sujet. Le gamma de ces systèmes est égal à l'unité.

(1) Si l'éclairement reçu par celui-ci n'est pas trop intense, faute de quoi l'effet de halo intervient et la proportionnalité disparaît.

2. Tube cathodique.

Le tube cathodique de réception à une caractéristique brillance/tension de wehnelt ayant l'aspect représenté par la figure 1. Tant qu'on ne dépasse pas algébriquement la tension V_{max}, au-dessus de laquelle apparaissent des effets d'écrasement du spot et le cas échéant un virage de la teinte du tube par suite de la saturation de certains composants de la poudre luminescente, cette caractéristique est représentable par une équation de la forme : $B = (V_w - V_0)^n \times C^{te}$. L'exposant n,

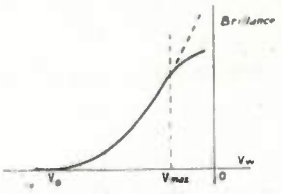


Fig. 1.

pour les structures habituelles des canons à électrons a une valeur théorique voisine de 2,3 [5], mais en fait les valeurs constatées sont légèrement plus faibles, diminuant d'ailleurs avec l'usure du tube. Une valeur moyenne à adopter est $n = 2$. Ainsi un tube cathodique présente un gamma de transfert bien défini et voisin de 2, pour autant qu'on ne le sature pas et si *le niveau du noir est exactement ajusté à la polarisation* V_0. L'énoncé de cette proposition suppose que, comme plus haut, l'amplitude du signal vidéo est décomptée à partir du niveau du noir.

A noter que si l'on modifie le réglage de « lumière moyenne» du récepteur de telle sorte que le niveau du noir ne corresponde plus à la polarisation V_0, l'image peut être plus ou moins agréable aux yeux, mais il devient absurde de lui attribuer un gamma puisque, par définition, cela présuppose qu'à une valeur nulle de la brillance objet correspond une valeur nulle de la brillance-image, condition qui n'est plus remplie.

3. Chaîne complète de prise de vue directe.

Sous la réserve qui précède, l'association d'un tube analyseur supericonoscope (ou vidicon) à un tube cathodique de réception donne une image dont le gamma est voisin de 0.65×2, soit 1,3. L'association d'un image-orthicon avec le même tube cathodique donne au contraire une image dont le gamma est voisin de 2.

Or, l'expérience déjà ancienne du cinéma nous a enseigné que pour des sujets normaux à la prise de vue et dans les conditions usuelles de brillance des écrans de projection, le rendu le plus agréable des demi-teintes est obtenu au voisinage de $\gamma = 1,3$. Il résulte de ce fait que — par un pur hasard, d'ailleurs — l'association d'un supericonoscope et d'un tube cathodique de réception donne une image agréable. Par contre, un sujet normal, télévisé au moyen d'un image-orthicon, doit donner une image peu agréable, parce que trop contrastée. Le signal devrait donc, dans ce cas, subir une

réduction de gamma dans un *correcteur de contraste*.

De tels correcteurs ne pouvant guère être introduits dans les récepteurs, il convient de les incorporer dans les chaînes de prise de vue elles-mêmes, de telle sorte qu'avant diffusion, le signal vidéo soit toujours amené à un gamma voisin de 0,65 quelque soit son origine. Une telle normalisation n'a pas, jusqu'à présent, été explicitement adoptée: il est souhaitable qu'elle le devienne et le signal qui y répond sera désigné dans la suite sous le nom de *signal vidéo standard*.

4. Chaîne de télécinéma.

Les télécinémas à exploration sur mémoire, utilisant des tubes analyseurs à électrons rapides ont une caractéristique d'amplitude analogue à celle des équipements de prise de vue directe utilisant les mêmes tubes. D'après le raisonnement fait au paragraphe précédent, leur fonctionnement est optimum si le film possède un gamma égal à l'unité, à moins qu'un correcteur de contraste soit prévu, ce qui est rarement le cas dans ces appareils. Il en résulte le fait connu que les images transmises à partir des films du commerce souffrent de saturations par suite de leur léger excès de contraste puisque ces films, prévus pour la projection directe, donnent sur la photocathode de l'analyseur une image dont le gamma par rapport à l'original est toujours supérieur à l'unité (environ 1,2 à 1,4).

L'expérience confirme d'ailleurs que des tirages doux (par exemple « marrons » pour contretype) donnent des images améliorées et il est tout indiqué de profiter de cette particularité pour améliorer l'adaptation du téléfilm au télécinéma en réalisant celui-ci à un gamma global égal à l'unité. Le fonctionnement dans de telles conditions est favorable au respect de la condition a) car l'adaptation améliorée du téléfilm permet de compenser les détériorations inévitablement apportées par les étapes nombreuses du processus d'enregistrement.

Dans le cas où le téléfilm est lu par un télécinéma à spot lumineux, les considérations précédentes cessent d'être valables puisqu'en tous cas un correcteur de contraste est indispensable (de même que pour l'image-orthicon en prise de vue directe). Toutefois, les télécinémas à spot lumineux ayant, par leur principe même, un rapport signal/souffle tout juste acceptable dans le système à 819 lignes, il est intéressant de réduire autant que possible la correction de contraste nécessaire, celle-ci se traduisant toujours par une détérioration du rapport signal/bruit. Ainsi la réduction du contraste du film est souhaitable également dans le cas de l'analyse par spot lumineux.

En conclusion, les caractéristiques suivantes seront retenues pour l'entrée et la sortie du vidigraphe :

— signal vidéo entrant standard, c'est-à-dire au gamma 0.65 par rapport au sujet;

— transparence du film obtenu proportionnelle à la luminosité des points correspondants du sujet (gamma global égal à l'unité).

On verra par la suite qu'il n'y a pas d'inconvénient à remplacer la proportionnalité indiquée ici par une relation linéaire à condition que le terme constant de celle-ci ne soit pas trop grand. Dans ce cas, on ne peut plus assigner de gamma au film en question.

Remarque :

La valeur de 1,3 pour le gamma global donnant le rendu le plus agréable des demi-teintes et par suite le chiffre de 0,65 ci-dessus ne doivent pas être considérés comme absolus. Lorsque les photographes tirent des épreuves ils ne se soucient guère du gamma global dans le choix de leur gradation de papier. Ils peuvent néanmoins obtenir d'excellentes images. Ce qui compte, en réalité, c'est *l'adaptation* de l'intervalle des luminances *intéressantes* du sujet à l'intervalle des luminances *utilement reproductibles* par les moyens techniques mis en œuvre et compte-tenu des propriétés physiologiques de l'œil [6].

Ces données, transposées dans le domaine de la télévision, montrent que, toutes choses égales par ailleurs, le gamma optimum d'un signal vidéo dépend du sujet télévisé, de même d'ailleurs que celui d'un film destiné au télécinéma [7].

Il en résulte une nouvelle définition du signal vidéo standard : c'est le signal vidéo dont le contraste est adapté au mieux à la reproduction par tube cathodique. Ce n'est que pour des sujets « normaux » et dans des conditions de prise de vue « moyennes » que son gamma doit être effectivement égal à 0, 65. (Le problème de la production d'un tel signal est un pur problème de prise de vue que l'on doit résoudre indépendamment de la présence d'un vidigraphe dans la chaîne.) Si dans le cas particulier du sujet « normal » le processus vidigraphe + télécinéma restitue un signal standard, il en est manifestement de même dans le cas général quel que soit le gamma réel du signal vidéo initial, puisque les caractéristiques de transfert du processus demeurent inchangées.

Cette remarque avait simplement pour but de montrer que les hypothèses faites ne sont pas restrictives et de valider les calculs qui suivent.

3.2 — *Régimes de fonctionnement du vidigraphe.*

L'image télévisée à enregistrer, telle qu'elle apparaît sur l'écran cathodique possède, d'après les considérations qui précèdent, un gamma par rapport au sujet voisin de 1,3. Le gamma du transfert photographique étant lui-même voisin de 1,3, il en résulte un gamma global de l'image filmée d'environ 1,7, ce qui est loin d'être admissible. Des corrections doivent donc être pratiquées.

Une première méthode consiste à comprimer le gamma soit électriquement, soit photographiquement.

Une seconde méthode, moins évidente que la première, consiste à abandonner le réglage usuel du niveau du noir à la polarisation d'extinction du faisceau cathodique effectuant ainsi une translation de la teinte moyenne qui amène la luminosité des points sombres de l'image à une valeur non négligeable. L'effet de cette translation est analogue à celui de la polarisation des magnétophones : il est de redresser la caractéristique de transfert non linéaire.

Par analogie avec les classes A et B de fonctionnement des tubes amplificateurs, on dira conventionnellement que le tube cathodique fonctionne

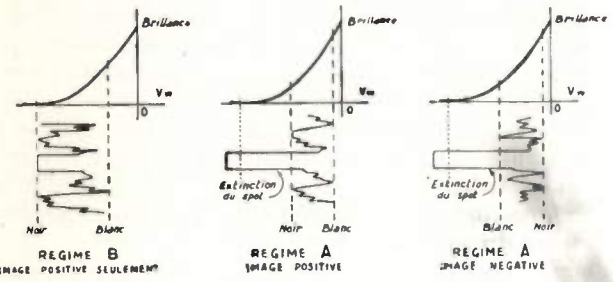


FIG. 2.

en régime B ou en régime A selon qu'il y a annulation ou non du courant de faisceau pour le niveau du noir. La figure 2 représente l'aspect oscilloscopique des signaux représentés en regard de la caractéristique du tube.

Dans le cas du régime B l'image apparaît nécessairement positive sur le tube, son contraste est celui d'une image de télévision usuelle ; dans le cas du régime A, le contraste apparent est adouci et l'image peut être projetée soit en positif, soit en négatif.

Pour éviter que le spot cathodique, lors de son retour vienne brouiller l'image, il convient de bloquer le canon à électrons pendant toute la durée de la suppression de ligne et de trame. Cette précaution est particulièrement indispensable dans le cas du régime A puisque, pendant les retours verticaux du spot, ce dernier n'est pas amené à l'extinction par le signal de noir. Sur la figure 2 on a supposé que le blocage du spot est obtenu par un signal rectangulaire mélangé au signal de vision, il est également possible d'appliquer les signaux de blocage sur une électrode séparée du tube cathodique.

3,3 — *Fonctionnement en régime B.*

Comme déjà mentionné, la compression du gamma peut être pratiquée, soit : a) au cours du processus photographique, soit : b) sur le signal électrique, avant application au tube cathodique.

a) Par un choix convenable des émulsions, des bains photographiques et des durées de traitement, il est possible de réduire le gamma des images, tout en conservant des propriétés sensitométriques convenables. Telle est la méthode décrite par W. BEHRENDT [8] qui recommande l'obtention d'une transparence de la copie positive proportionnelle à la brillance du tube. Il obtient d'ailleurs ce résultat d'une façon assez paradoxale puisqu'il associe des émulsions de gamma respectifs 0,7 et 1,8, ayant des courbes sensitométriques parfaitement linéaires. En tout état de cause, pour le but que nous nous proposons, c'est non à l'unité mais à $\frac{1}{1,3} \# 0,77$ qu'il faudrait réduire le gamma photographique puisque nous recherchons une transparence du film proportionnelle non à la brillance du tube, mais à celle du sujet original. Cela conduirait à un traitement photographique trop différent du traitement normal pour que la condition 3,1 b) que nous nous sommes imposée puisse être considérée comme remplie. Cette méthode de compression du gamma doit donc être abandonnée.

b) Il est possible, sans complication excessive, de réaliser un correcteur dont le gamma de transfert γ_c soit de l'ordre de 0,2 , toutefois, pour une telle compression les écarts entre la courbe de réponse pratique et la courbe théorique sont assez notables. Pour les valeurs de γ_c supérieures à 0,4 la courbe pratique peut suivre la courbe théorique avec une excellente approximation même avec un montage simple (voir par exemple [9]). Or, d'après les indications du 3,2 , le gamma de transfert du correcteur doit être l'inverse de 1,7 soit presque 0,6. La réalisation du correcteur ne pose donc pas de problème spécialement difficile.

3,4 — *Fonctionnement en régime A, image positive.*

1 — Soit un signal video standard. Son amplitude instantanée *u au-dessus du niveau du noir* est donnée, u_{max} désignant l'amplitude de blanc maximum, par :

$$u = u_{max} \left(\frac{B}{B_{max}} \right)^{0,65} \qquad (1)$$

en appelant B la brillance du point d'analyse du sujet et B_{max} la brillance maximum qu'il peut ateindre.

2 — Considérons maintenant le tube cathodique du vidigraphe. Sa caractéristique est de la forme :

$$L = a\,(v - V_0)^2 \qquad (2)$$

L étant une grandeur lumineuse attachée au spot, V la tension appliquée à son wehnelt et V_0 sa polarisation d'extinction (V et V_0 mesurées algébriquement).

Appelons V_n la polarisation sur laquelle on aligne le niveau du noir et L_n la grandeur lumineuse correspondante du spot.

On a, lorsqu'on module le tube cathodique par le signal video :

$$v = V_n + u \qquad (3)$$

u étant donné par (1).

Par ailleurs, la relation (2) s'applique au cas particulier $v = V_n$, $L = L_n$ et, par élimination de a on obtient :

$$L = L_n \left(1 + \frac{u}{V_n - V_o} \right)^2 \tag{4}$$

$$= L_n \left(\frac{u}{g} \right)^2 \tag{5}$$

en appelant g le « glissement de polarisation » $V_n - V_o$ qui caractérise le fonctionnement en régime A. Bien que les quantités V_n et V_o soient toutes deux négatives, la grandeur g est toujours positive.

3 — Examinons enfin la phase photographique du processus. On choisira comme grandeur lumineuse L attachée au spot la *lumination* (homogène à un éclairement multiplié par un temps) produite sur le film.

Appelons T_1 et T_2 les transparences du négatif et du positif et γ_1, γ_2 leurs gammas de développement, on sait que T_1 et T_2 sont respectivement proportionnels à $L^{-\gamma_1}$ et $L^{\gamma_1 \gamma_2}$, dans la mesure où les émulsions sont utilisées dans leur zone d'exposition normale.

Tenant compte de la proportionnalité ci-dessus et des formules (4) et (5) on trouve la caractéristique de transfert générale :

$$T_2 = K \left[1 + \frac{u_{max}}{g} \left(\frac{B}{B_{max}} \right)^{0,65} \right]^{2 \gamma_1 \gamma_2} \tag{6}$$

où K est une constante qui dépend de diverses grandeurs telles que la sensibilité des émulsions et la valeur de l'exposition au tirage. Cette relation, valable pour le processus négatif-positif, l'est aussi pour le processus inversible, à condition qu'en tous cas on se limite à utiliser les caractéristiques des émulsions dans les régions où elles sont linéaires. Pour l'un ou l'autre processus, le produit $\gamma_1 \gamma_2$ représente le gamma global du transfert photographique.

Lorsque B prend la valeur B_{max}, (point blanc sur le sujet), la transparence T_2 du film prend sa valeur maximum $T_{2\,max}$ que, pour le bon fonctionnement des télécinémas, il serait souhaitable d'amener au voisinage de l'unité. En fait $T_{2\,max}$ ne peut guère dépasser 0,5 (densité 0,3) pour ne pas sortir de la plage de linéarité de l'émulsion positive. Cette valeur maximum dépend des caractéristiques de ladite émulsion mais n'est pas influencée par les autres paramètres de réglage du vidigraphe. Il est donc commode d'introduire la *transparence réduite*

$$y = \frac{T_2}{T_{2\,max}}$$

On posera de même :

$$x = \frac{B}{B_{max}}$$

et

$$\alpha = \frac{u_{max}}{g}$$

paramètre définissant le régime de fonctionnement du tube (à la limite, pour $\alpha \to \infty$, on obtient le régime B).

L'expression de la transparence réduite est alors :

$$y = \left[\frac{1 + \alpha\, x^{0,65}}{1 + \alpha} \right]^{2 \gamma_1 \gamma_2} \tag{7}$$

D'après la condition b) du paragraphe 3,1, on donnera au produit sa valeur usuelle en cinématographie, ce qui conduit à $2\,\gamma_1 \gamma_2 = 2{,}6$.

La figure 3 représente un réseau de courbes y (x) tracées pour diverses valeurs de α .

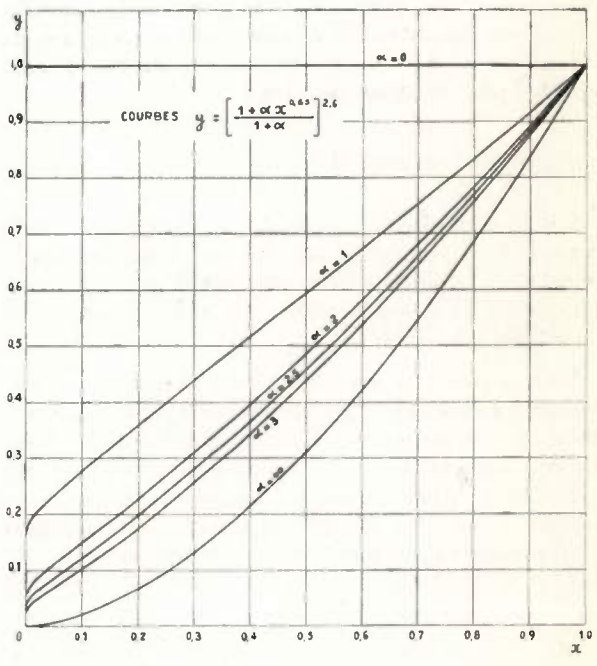


FIG. 3.

A l'exception de la courbe $\alpha = 0$ qui n'a pas d'intérêt physique et de la courbe $\alpha = \infty$ correspondant au régime B, elle présentent un rebroussement à tangente verticale pour $x = 0$. Pour de faibles valeurs de x leur concavité est tournée vers le bas, puis elles se redressent et ne présentent plus qu'une faible courbure vers le haut dès que x devient supérieur à 0,02 environ.

Ainsi dans l'intervalle $0{,}02 < x \leqslant 1$, la transparence du film positif obtenu varie selon une loi approximativement linéaire de la luminosité du sujet. Approximativement linéaire mais pas proportionnelle puisqu'à $x = 0$ correspond y non nul. L'aspect des images est celui que procure un contraste voisin de l'unité *avec un voile d'ensemble*.

Ce voile qui, en général, serait gênant pour les applications cinématographiques usuelles ne présente pas, en principe, d'inconvénient en télécinéma puisque par le jeu de la commande du niveau de suppression, il est toujours possible de retrouver l'obscurité correcte des noirs, quelle que soit l'importance de la composante continue électrique superflue introduite par le voile surajouté à l'image utile. Par ailleurs, la présence de ce voile ne perturbe nullement le fonctionnement de l'analyseur ; on sait au contraire que, souvent, on améliore la qualité du télécinéma à supericonoscope en illuminant légèrement la photocathode par une lumière continue, superposée à la projection de l'image à transmettre. Quant à l'analyseur à spot lumineux, il ne saurait être perturbé par une composante continue du signal lumineux puisqu'il fonctionne en régime linéaire. La seule précaution à prendre est d'effectuer sa correction de contraste *après* introduction de la composante continue définitive.

Ainsi sans présenter d'inconvénient sérieux, le régime A présente sur le régime B l'avantage de « linéariser » la caractéristique de tranfert sans faire appel à un correcteur de gamma. Il convient d'examiner maintenant quelles sont les valeurs du paramètre α qui, au moins théoriquement, paraissent les plus recommandables.

a) *Rapport Signal/Bruit.*

Si l'on diminue la valeur de α, l'amplitude de la gamme des contrastes sur le film diminue également, d'où affaiblissement du signal délivré par le télécinéma. La conséquence est une réduction de l'écart signal/bruit.

Raisonnant sur un télécinéma dont la caractéristique amplitude/amplitude suivrait rigoureusement une loi de gamma 0,65, on peut calculer l'amplitude du signal en pour cent de ce qu'elle serait si le film allait jusqu'à l'opacité complète. Le tableau ci-dessous récapitule les résultats obtenus. η représentant le pourcentage en question.

α	$y\ (0)$	$\eta = 100\ [1 - y\ (o)^{0,65}]$
0	1	0 %
1	$0,165 = \frac{1}{6,06}$	69 %
2	$0,057 = \frac{1}{17,4}$	85 %
2,5	$0,038 = \frac{1}{26}$	88 %
3	$0,027 = \frac{1}{37}$	90 %
∞	0	100 %

Il apparaît que dès que l'on a atteint la valeur $\alpha = 2$, il n'y a plus guère intérêt à augmenter ce paramètre car le gain d'amplitude du signal obtenu et par suite le rapport signal/bruit ne subit plus d'amélioration sensible.

Toutefois les télécinémas ont une réponse qui s'écarte notablement de la loi théorique ci-dessus car l'expérience montre que la plupart d'entre eux ne donnent plus de signal utilement distinct du niveau du noir lorsque la densité du film excède 1,7 environ.

Il devient donc inutile de demander au téléfilm de dépasser cette valeur. Admettant, par ailleurs que pour ne pas empiéter dans la zone de sous-exposition de l'émulsion positive, on se fixe 0,3 pour densité minimum, il reste une plage de densités utilisables égale à 1,4, c'est-à-dire une gamme de transparences réduites allant de 1 à 0,04. La figure 3 montre que pour impressionner le film dans ces conditions il faut donner au paramètre α une valeur voisine de 2,45.

Ainsi, il serait complètement inutile de donner à α une valeur supérieure à 2,45, ce serait même nuisible car les demi-teintes sombres excédant sur le film la densité 1,7 ne seraient pas traduites en télécinéma, ainsi qu'il arrive pour les documents cinématographiques usuels.

Un téléfilm réalisé avec $\alpha = 2,45$ se comporte vis-à-vis du télécinéma comme un film cinématographique standard en ce sens qu'aucune modification des réglages n'est nécessaire en vue de sa transmission.

Enfin, si l'on s'autorise à retoucher quelque peu les réglages du niveau du noir et du gain lorsqu'on passe d'un film ordinaire à un téléfilm, il devient possible d'abaisser la valeur de α jusqu'au voisinage de l'unité sans détérioration notable du rapport signal/bruit, mais sous réserve de la limitation suivante :

Supposons, pour fixer les idées, que l'on se propose de fonctionner avec $\alpha = 1$. Le rapport des transparences extrêmes du téléfilm positif se trouve reduit à 6 environ, soit un échelonnement des densités limité à 0,8. Si le gamma du tirage est de l'ordre de 2 l'échelonnement des densités du négatif n'est plus que de 0,4 environ.

Il se pose la question de savoir si un tel négatif est pratiquement utilisable et si les fluctuations erratiques de densité (irrégularités de l'émulsion, abrasion, rayures, caractère discontinu de l'image latente) n'ont pas pour effet de produire des perturbations qui deviennent intolérables vu la faiblesse du contraste de l'image utile. En d'autres termes, quel est l'ordre de grandeur du seuil différentiel au contraste des émulsions photographiques ? Cette question de « pouvoir séparateur au contraste » complète celle, plus connue, relative au grain, c'est-à-dire au pouvoir séparateur géométrique. Nous ne sommes pas en mesure d'en préciser les incidences sur la limitation de α du côté des faibles valeurs.

b) *Distorsion non linéaire.*

Pour les valeurs de α supérieures à 0,02, les courbes $y\ (x)$ présentent une courbure non négligeable dont la concavité est tournée vers le haut, ce qui produit une extension des demi-teintes claires au détriment des demi-teintes sombres. Le tableau ci-dessous traduit ce fait en donnant pour diverses valeurs de α le rapport des pentes moyennes dans les noirs et dans les blancs (Intervalles de variation de x : 0,05 à 0,1 et 0,9 à 1,0).

α	rapport des pentes
1	0,92
2	0,73
2,5	0,63
3	0,56

Pour les valeurs de α supérieures à 2, la distorsion non linéaire est importante et demande d'être corrigée. Pour des valeurs plus faibles, il paraît possible de s'affranchir de cette correction, ce qui, sous réserve des limitations indiquées plus haut, milite en faveur de l'adoption de telles valeurs.

On notera que l'effet de saturation du tube cathodique au voisinage des blancs maxima de l'image peut intervenir pour compenser la non linéarité de $y\ (x)$ mais ceci étant un cas d'espèce, il ne peut en être tenu compte quantitativement ici.

En ce qui concerne les distorsions non linéaires provenant des émulsions photographiques elles-mêmes, elles sont toujours négligeables car avec un échelonnement de densités étendu au maximum sur 1,4 pour le positif on ne travaille que sur une portion réduite des zones d'exposition normale des émulsions, tant négative que positive. De plus il n'y a pas, comme dans la prise de vues naturelles, d'aléa dans l'exposition du négatif par le tube cathodique.

Reste la question des valeurs de x inférieures à 0,02 pour lesquelles y varie plus vite que ne l'indique la loi linéaire. Pour serrer le problème de plus près, il faudrait majorer dans les calculs la transparence des points noirs du film afin de tenir compte du rebroussement à tangente verticale des courbes $y\ (x)$; quant à la légère extension des demi-teintes très sombres que la variation rapide de pente provoque, elle ne peut à notre avis avoir aucune conséquence pratique car elle n'intervient que pour $x < 0{,}02$, c'est-à-dire pour des brillances du sujet inférieures à 1/50 de sa brillance maximum. Or, la télévision dans son état actuel peut-elle prétendre à transmettre effectivement une telle gamme de contrastes ?

⁂

En conclusion, le fonctionnement d'un vidigraphe en régime A avec image positive, non seulement permet d'une manière simple d'éviter un durcissement indésirable des demi-teintes mais encore procure une réduction du rapport des contrastes extrêmes, toutes choses plaçant les téléfilms vis-à-vis du télécinéma dans des conditions meilleures que celles caractérisant les films ordinaires. Les valeurs optima de α sont à déterminer expérimentalement : comme première base d'étude, on peut partir de chiffres voisins de 2, lesquels correspondent à des brillances extrêmes sur le tube cathodique dans un rapport de l'ordre de 1 à 10.

3,5 — *Fonctionnement en régime A, image négative.*

Dans ce mode de fonctionnement, il suffit d'un simple processus photographique sans inversion pour obtenir une image positive, à partir de l'image négative qui apparaît sur le tube cathodique.

Les formules (1) et (2) du 3,4 restent valables et (3) doit être remplacé par :

$$v = V_n - u \qquad (3\text{ bis})$$

La formule (5) se trouve donc remplacée par :

$$L = L_n \left(1 - \frac{u}{g}\right)^2 \qquad (5\text{ bis})$$

Quant au transfert photographique, il lui correspond une caractéristique transparence/lumination de la forme :

$$T = C^{te} \times L^{-2}$$

d'où la caractéristique d'ensemble :

$$T = K' (1 - \alpha\, x^{0{,}65})^{-2} \qquad (6\text{ bis})$$

où K' est une constante et où x et α ont la même signification que précédemment, avec cette particularité que α ne peut excéder l'unité.

La *transparence réduite* y', proportionnelle à T et prenant la valeur 1 lorsque $x = 1$ est alors donnée par la formule :

$$y' = \left(\frac{1-\alpha}{1-\alpha\, x^{0{,}65}}\right)^2 \qquad (7\text{ bis})$$

Pour simplifier les calculs, donnons à γ la valeur 0,5, pas trop différente des valeurs couramment rencontrées dans le développement des négatifs cinématographiques (0,6 à 0,7). On peut alors tracer (fig. 4) un réseau de courbes $y'\ (x)$ pour diverses valeurs de α.

L'examen de ces courbes montre que, sauf pour des valeurs n'excédant pas 0,5, valeurs qui conduisent à un très faible contraste noir-blanc de la copie obtenue, la variation de y' ne peut en aucune manière être regardée comme linéaire. D'impor-

tantes corrections s'imposent, ayant pour but d'augmenter les contrastes des demi-teintes sombres et de réduire ceux des demi-teintes claires. Cette situation n'a rien qui doive étonner car des circonstances de même nature se présentent dans la réalisation de télécinémas capables de lire les films négatifs ([9], [10]). En effet, le passage du négatif au positif ne se borne pas à un simple retournement de polarité mais nécessite une véritable inversion (au sens mathématique du mot) du signal au

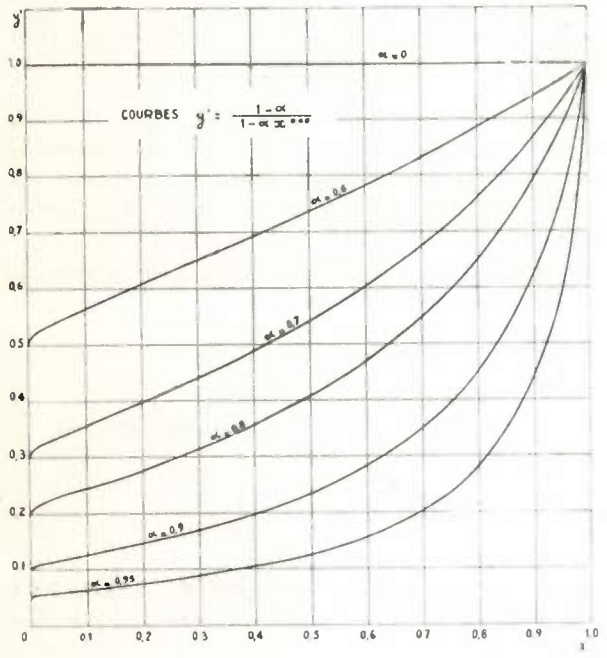


FIG. 4.

moyen d'un organe possédant une caractéristique amplitude/amplitude d'allure hyperbolique. Dans le cas qui nous préoccupe, les caractéristiques des correcteurs s'obtiennent évidemment en prenant les courbes de la figure 4 et en inversant les rôles des abscisses et des ordonnées.

Pour les fortes valeurs de α, l'aspect de la courbe de correction rappelle celle d'une correction de gamma et l'organe non linéaire peut être réalisé en mettant en œuvre des moyens analogues. En d'autres termes une courbe de transfert représentant la courbe idéale avec une approximation suffisante est réalisable sans nécessiter des montages d'une complication prohibitive.

Néanmoins comme l'allure de la courbe idéale varie rapidement en fonction de α, un correcteur donné n'est valable que pour un régime de fonctionnement caractérisé par une valeur de ce paramètre déterminée dans d'étroites limites. Or les variations inévitables des tubes et des alimentations ne permettent guère de définir α avec précision. Il n'est même pas possible de le mesurer au cours de l'enregistrement d'images animées, ce qui condamne la possibilité de faire appel à un correcteur réglable.

Ces inconvénients sont d'autant plus sérieux que l'on choisit α plus voisin de l'unité, or la comparaison des figures 3 et 4 montre que pour $\alpha = 0{,}9$, avec une image négative, le rapport blanc/noir des transparences est notablement plus faible que pour $\alpha = 2$, avec image positive.

A notre avis, le fonctionnement avec image négative, malgré l'économie et la simplification du traitement du film qu'il procure présente moins d'intérêt que le fonctionnement avec image positive car il ne permet pas une aussi bonne constance de la qualité des résultats.

3,6 — *Autres questions sensitométriques.*

a) *Sensibilité spectrale.*

Pour permettre le meilleur fonctionnement possible d'un vidigraphe, et notamment dans le cas où l'on met en œuvre le dispositif d'enregistrement de la double trame décrit au 5,3 ci-après, il convient d'adapter au mieux la sensibilité spectrale de l'émulsion à la lumière émise par le tube cathodique.

Selon le procédé d'enregistrement utilisé, ce tube cathodique peut être à longue persistance ou au contraire à très courte persistance.

Parmi les matériaux luminescents à longue persistance (constante de temps de l'ordre de 10 ms dans l'hypothèse d'une décroissance exponentielle), on trouve [11], [12], les sulfures de zinc et de zinc-cadmium activés au cuivre, ainsi que quelques autres sels (silicates par exemple) activés au manganèse, dont la luminescence va du vert au jaune.

En ce qui concerne les procédés exigeant au contraire une très courte persistance lumineuse du spot cathodique, les conditions sont moins sévères que celles applicables aux télécinémas à spot lumineux, néanmoins, le choix des poudres luminescentes s'effectue normalement parmi les mêmes catégories de substances, à savoir [13], [14] :

— l'oxyde de zinc dont la luminescence maximum va de 390 $m\mu$ à 505 $m\mu$ selon qu'il est pur ou contient un excès de zinc et dont la persistance U. V. est très courte, de l'ordre de 10^{-7} s.,

— divers sels (tungstates, molybdates, sels de zirconium, d'uranium, silicotitanates) de couleurs diverses et dont les rémanences s'échelonnent de 10^{-4} à 10^{-6} s.,

— d'autres sels activés par des ions métalliques positifs, notamment le silicate de calcium magnésium et surtout le silicate de calcium-aluminium (géhlénite) activés par l'ion Cérium Ce^{+++}.

En bref, on se trouve en présence de très nombreuses substances possibles et l'adaptation de l'émulsion cinématographique est un cas d'espèce.

Signalons néanmoins, sur la base d'expériences personnelles et d'après W. BEHRENDT [8] que, pour choisir une émulsion, il serait dangereux de se fier uniquement à la considération d'une sensibilité spectrale cadrant au mieux avec la répartition spectrale de la luminescence. On se bornera ici à constater le fait et à indiquer que des essais sensitomé-

triques doivent être entrepris dans des conditions aussi voisines que possibles de celles de l'enregistrement.

b) *Loi de réciprocité.*

Les propriétés sensitométriques des émulsions sont usuellement mesurées pour des temps de pose de l'ordre de 1/50 s.

Si la durée de l'exposition à laquelle on soumet une émulsion n'est ni trop longue ni trop courte, le noircissement de celle-ci — toutes choses égales par ailleurs — ne dépend que du *produit éclairement* × *temps*. On dit alors que la « loi de réciprocité » est vérifiée. Par ailleurs, plusieurs expositions successives cumulent additivement leurs effets. Il en résulte que l'on peut généraliser la loi de réciprocité en disant que le noircissement d'une émulsion dépend, par l'intermédiaire des courbes sensitométriques classiques de la lumination L donnée par :

$$L = \int_{\text{exposition}} E \, . \, dt \qquad (8)$$

t représentant le temps et E l'éclairement en fonction du temps.

Il n'y a pas ici à faire intervenir la limitation de la loi de réciprocité du côté des faibles éclairements et des longues poses, par contre la relation ci-dessus cesse d'être valable si E (t) accuse de fortes variations à allure très rapide.

Pour les émulsions négatives usuelles la loi de réciprocité reste vérifiée pour des temps de pose de l'ordre de la milliseconde, aussi lorsqu'on emploie un tube cathodique à longue rémanence, dont la luminosité ne varie que de quelques pour cent par milliseconde, la formule (8) peut être regardée comme vérifiée.

Par contre, pour les procédés qui mettent en jeu des luminescences dont la durée est de l'ordre de la microseconde, on doit s'attendre à des écarts importants. Plusieurs Auteurs [8], [10] s'accordent à dire que le résultat de la très courte exposition équivaut à un abaissement du gamma : on le compense en augmentant le temps de développement. Néanmoins si l'on désire faire des mesures sensitométriques précises au moyen d'un coin de Goldberg, il convient d'illuminer l'émulsion conformément à ses conditions réelles d'emploi, par exemple en appliquant le coin sur l'écran du tube cathodique balayé mais non modulé, selon un principe déjà mis en œuvre en vue de mesures des propriétés physiologiques de l'œil dans les conditions où il observe une image de télévision.

4. — Définition des images.

Nombreux sont les points où une détérioration des détails peut se produire. Dans l'ensemble des opérations qui conduisent du signal video initial au signal video reproduit, on trouve les causes suivantes de perte de définition :

— ouverture du spot du tube cathodique;

— aberrations, diffraction, défauts de mise au point de l'optique;

— irradiation, halo, granulation de l'émulsion négative;

— flou au tirage, irradiation, halo de l'émulsion positive;

— aberrations etc... du système optique de télécinéma.

Ces questions ont été étudiées par de très nombreux Auteurs (voir Bibliographie) tant sous leur aspect général qu'au point de vue des divers organes particuliers, notamment en ce qui concerne l'influence très importante de la qualité des objectifs [15], et on se contentera ici de formuler une remarque sur les possibilités de correction électrique à l'intérieur d'un vidigraphe.

On sait, d'après des travaux devenus classiques (par exemple [16]), que les pertes de résolution provenant des divers defauts indiqués sont équivalentes à celles que produirait un filtre électrique mis en cascade dans une chaîne électro-optique parfaite. Pour les corriger, il suffit donc, en principe, d'introduire dans la chaîne électrique un quadripole correcteur, par exemple un correcteur différentiel [17].

Mais on sait également que la théorie ne s'applique que dans la mesure où les éléments considérés sont linéaires en amplitude, ce qui n'est le cas pour aucune des transformations électro-optiques et photographiques considérées. Il faut donc se contenter d'une compensation approchée provoquant des surcorrections pour certains niveaux d'éclairement et des sous-corrections pour d'autres.

Par ailleurs, une telle correction qui, pratiquement, consiste à relever les fréquences élevées, augmente le bruit de fond si elle est pratiquée en aval de sa source principale, en l'occurence en aval du télécinéma. Il convient donc de pratiquer une précorrection en amont du tube cathodique.

Ceci conduit à appliquer au wehnelt de ce tube un signal surcorrigé, dans lequel une transition blanc-noir comporte une forte suroscillation en *dessous du niveau du noir*, suroscillation qui se trouve progressivement annihilée au cours de la traversée des organes en cascade, mais dont l'existence au départ a pour effet d'améliorer la raideur du front définitivement obtenu. Cette suroscillation ne peut être efficiente que si le tube cathodique est capable de traduire des informations « plus noires que le noir » ce qui n'est possible qu'en régime A. Si même, comme c'est le cas le plus fréquent, les suroscillations des transitions entre demi-teintes ne vont pas au-dessous du noir, le fonctionnement en régime A assure dans la caractéristique lumière/tension du tube, une prépondérance du terme linéaire vis-à-vis du terme quadratique, d'où des circonstances favorables au point de vue de la linéarité en amplitude.

En plus des avantages indiqués plus haut, ces possibilités de correction du régime A nous le font préférer a priori. Elles prennent toute leur valeur lorsqu'il s'agit d'enregistrer une image à 819 lignes sur un film 16 mm.

5. — Etude expérimentale.

D'après les indications données à la fin de la première partie, deux procédés différents ont paru viables a priori et ont fait l'objet d'études expérimentales, à savoir :

— le système inverse du télécinéma à spot lumineux qui met en jeu un film en déroulement continu;

— un système nouveau permettant l'enregistrement des images avec leur linéature complète sur un film en mouvement intermittent, grâce à l'emploi d'un tube rémanent.

5.1 — *Système à déroulement continu du film.*

L'appareillage utilisé est, en de nombreux points identique à celui que l'on emploie pour le télécinéma à spot lumineux. L'exploration point par point de la surface du film, en particulier, y est obtenue comme dans ce télécinéma par la combinaison du défilement continu vertical du film avec les mouvements de va et vient horizontal et vertical du spot lumineux donné par un tube cathodique à très courte persistance et projeté sur le film. Pour permettre l'analyse entrelacée il est nécessaire d'anamorphoser dans le rapport 1/2 les dimensions verticales de l'image balayée et de dédoubler les rayons lumineux pour former deux images alternativement démasquées à la fréquence 25 par seconde grâce à un obturateur tournant.

Une étude cinématique plus approfondie de cette méthode d'exploration a été donnée par P. Mandel [10] ainsi que par S. Mallein [18].

Alors que dans le projecteur de télécinéma le tube cathodique est balayé « en blanc » et que sa lumière se trouve modulée en traversant le film diapositif, il convient, dans le vidigraphe, de moduler le tube cathodique par les signaux video et de faire défiler dans le projecteur une pellicule photosensible vierge.

Les difficultés rencontrées au cours des essais furent de natures diverses. Parmi les difficultés mineures nous signalerons le manque de luminosité de l'optique qui joint à la réduction de sensibilité de l'émulsion par suite de la brièveté de l'exposition entraîne la nécessité d'avoir un tube cathodique très lumineux.

La difficulté majeure est à notre avis celle qui concerne l'entrelacement correct des deux trames. Cette difficulté existe déjà dans le fonctionnement en télécinéma, mais ce dernier permet un contrôle instantané de la reprise des réglages alors que le film impressionné ne peut être jugé qu'après développement.

Les conditions nécessaires et suffisantes sont :

a) — que les deux images du spot soient exactement l'une au-dessus de l'autre et que leur distance soit égale au demi pas des images du film;

b) — que le film défile d'un mouvement parfaitement uniforme à raison d'un demi pas d'image par cinquantième de seconde.

Le réglage du système optique permettant de satisfaire à a) est fort difficile à obtenir si l'on ne dispose pas d'un moyen de contrôle instantané qui, comme l'a suggéré P. Mandel (loc. cit.) consiste à adjoindre à l'appareillage d'enregistrement un appareillage d'analyse permettant de former une image de contrôle. Utilisant alors une fenêtre agrandie pour démasquer les perforations, il devient possible d'observer celles-ci sur un récepteur de contrôle et le réglage consiste, pour le film 35 mm,à amener les images de deux perforations successives en coïncidence avec celles des deux suivantes, le film étant arrêté dans la fenêtre. Une telle possibilité n'existe par pour le film 16 mm à moins d'utiliser une bande à perforation spéciale (2 perforations par image).

Pour satisfaire à la condition b), il faut non seulement mettre en œuvre un mécanisme d'entraînement ayant toute la précision et l'inertie voulues mais encore assigner des tolérances sévères tant aux perforations du film qu'aux dents des tambours. En vue d'une exploration à 625 lignes et en admettant une tolérance d'entrelacement de 33 %, chose à peine acceptable, W. Behrendt (loc. cit.) estime à $\pm$ 5 μ la tolérance admissible sur la position des perforations du film. Pour obtenir un bon 819 lignes, il faudrait atteindre une précision d'environ $\pm$ 2,5 μ pour le film 35 et de $\pm$1 à $\pm$ 1,5 pour le film 16 mm. De plus ces tolérances ne devraient pas se rapporter aux perforations seules mais représenter la résultante de tous les défauts, tant du film que du mécanisme. Les tolérances sur le film seul devraient donc être notablement inférieures aux chiffres ci-dessus; or si on se réfère aux normes cinématographiques en vigueur en France et aux Etats-Unis [19], [20] on trouve les résultats consignés dans le tableau suivant qui s'appliquent au film vierge *immédiatement après coupe et perforation* :

	Film 35 mm		Film 16 mm	
(cotes en millimètres)	France	Etats-Unis	France	Etats Unis
pas de la perforation	4.75	4.740	7.62	7.62
tolérance sur d°	non précisé	$\pm$ 0,013	non précisé	$\pm$ 0,013
Intervalle de 100 perforations	475	474,0	762	762
tolérance sur d°	$\pm$ 0,4	$\pm$ 0,38	$\pm$ 1	$\pm$ 0,76

Abstraction faite de l'incompatibilité des deux standards 35 mm , il s'en dégage que pour de grandes longueurs de film, le pas moyen peut différer du pas nominal de $\pm$ 4 μ pour le film 35 mm et de $\pm$ 10 μ environ pour le film 16 mm. De plus, la posi-

tion d'une perforation peut s'écarter de plus de 1/100 mm de sa position théorique déduite de la position des perforations voisines. On est donc très loin de compte par rapport aux exigences définies plus haut.

La conclusion que, pour notre part, nous avons tirée de cette étude n'est pas aussi optimiste que celle de plusieurs autres auteurs :

Le vidigraphe à déroulement continu est un appareil de réalisation mécanique difficile, il est compliqué et coûteux car sa mise en œuvre pratique nécessite d'y adjoindre des organes d'analyse qui en font un télécinéma complet, des difficultés mineures mais non négligeables se présentent dans sa mise au point, enfin et surtout les résultats restent aléatoires au point de vue définition verticale vu l'impossibilité d'appliquer au film des tolérances assez sévères.

Ainsi le principe du « spot lumineux inversé » a été abandonné au cours de notre programme d'études et les efforts concentrés sur un système où le film est animé d'un mouvement intermittent.

5.2 — *Système à déroulement saccadé du film.*

Les inconvénients qui viennent d'être signalés pour les systèmes à déroulement continu du film ne se présentent pas dans les systèmes à déroulement intermittent où les images successives sont présentées l'une après l'autre, immobiles, en vue de leur inscription ou de leur analyse.

Les tolérances du mécanisme et du film ne peuvent avoir d'incidence d'aucune sorte sur la qualité de l'entrelacement puisque c'est toujours une image fixe qui est inscrite ou analysée.

Le seul effet possible des imperfections mécaniques et du manque de récurrence des perforations du film concerne, tout comme en cinématographie ordinaire, la stabilité de l'image. Ces problèmes de stabilité ayant déjà été résolus de façon satisfaisante, il n'y a plus à y revenir dès l'instant où l'on a fixé son choix sur une caméra conforme à la technique cinématographique usuelle, c'est-à-dire à temps d'escamotage normal.

Comme déjà indiqué, ce choix implique l'introduction d'un organe à mémoire d'image.

Laissant de côté les systèmes à tubes électroniques spéciaux insuffisamment développés à l'heure actuelle, on est conduit à former l'image sur un tube cathodique rémanent. Si l'obturateur de la caméra est ouvert pendant la moitié du temps environ, on peut dire en toute première approximation, que sur les deux trames de l'image télévisée, l'une est enregistrée « en direct » c'est-à-dire tracée par le spot lui-même au cours de son mouvement pendant l'ouverture de l'obturateur, alors que l'autre se trouve photographiée dans son ensemble grâce à la trace rémanente laissée par le spot au cours de son exploration de la trame précédente. Dans la suite, ces trames seront désignées respectivement sous les noms de *trames directe* et de *trame rémanente.*

La décroissance hyperbolique ou exponentielle de la brillance d'un écran phosphorescent fait que la trame rémanente apparaît sur le film avec une densité notablement plus faible que la trame directe.

L'emploi de substances luminescentes à très longue persistance permettrait d'atténuer ce déséquilibre, mais dès que la brillance résiduelle au bout de 1/25 s. excède environ 10 % de la brillance initiale, les images successives d'objets mobiles commencent à se brouiller sans que le résultat cherché soit atteint. Par contre, pour une durée de rémanence modérée (par ex. 20 % de résidu au bout de 1/50 s), la trame rémanente a une intensité suffisante pour être utilisable et l'équilibre des deux trames peut être obtenu en renforçant le signal video appliqué au wehnelt du tube cathodique pendant la période de fermeture de l'obturateur.

Analysant de plus près les phénomènes, on trouve qu'au cours d'une même trame (directe ou rémanente), la lumination produite par un point d'image varie continuellement avec la position de ce point sur l'écran. Ce n'est donc pas une commutation des trames paires et impaires qu'il faut faire, c'est une correction continue qu'il faut pratiquer, correction telle qu'à un signal video de gris constant corresponde une sensibilisation uniforme du film.

Cette correction ne peut pas être obtenue en insérant un filtre optique entre le tube et la caméra puisque deux points voisins mais appartenant à deux trames différentes doivent être atténués différemment. C'est donc dans le signal électrique lui-même que la correction doit être introduite, en agissant sur l'amplitude et sur la composante continue de la tension appliquée au tube.

Pour déterminer la loi théorique de correction du signal, cherchons tout d'abord comment, d'un point à l'autre de l'écran, varie la lumination du film, lorsque le tube fonctionne avec un spot non modulé, de brillance initiale B_0 sous l'impact cathodique. Cette variation connue, le facteur correctif, qui est son inverse se trouvera déterminé.

Les calculs qui suivent reposent sur les hypothèses suivantes :

a) La brillance B d'un point de l'écran cathodique à l'instant t après le passage du spot, lequel procure la brillance B_0, suit la loi dite hyperbolique :

$$B = \frac{B_0}{(1 + At)^2} \tag{9}$$

dont le coefficient A est sensiblement indépendant de B_0.

La théorie de la luminescence montre que cette loi s'applique en particulier aux sulfures de zinc et de zinc-cadmium activés au cuivre auquel il peut être fait appel pour obtenir les durées de persistance voulues [11]. Une vérification expérimentale a

d'ailleurs montré que la loi de rémanence de la substance utilisée correspondait, à mieux que 5 % près pendant toute le premier 1/50 s, à la formule (9) en prenant A = 61,5 s^{-1}. Il paraît donc loisible d'extrapoler la formule pendant tout le premier 1/25 s.

b) La lumination déterminant le noircissement de l'émulsion est donnée par la formule (8), ce qui suppose que la loi de réciprocité est satisfaite. Tel parait valablement être le cas puisque, selon la loi de rémanence définie ci-dessus, la plus grande variation relative de brillance n'excède pas 11 % par milliseconde.

Posons :

T (= 1/25 s) : période de l'exploration complète.

t_0 : instant de passage du spot en un point d'image donné ($t_0 = 0$ au début de la trame n° 1).

$B(t)$: la fonction du temps représentant la brillance rémanente d'un point d'écran exploré aux instants $0, T, 2T$.... la brillance sous faisceau étant B_0.

Cette fonction $B(t)$ s'obtient à partir de (9) en

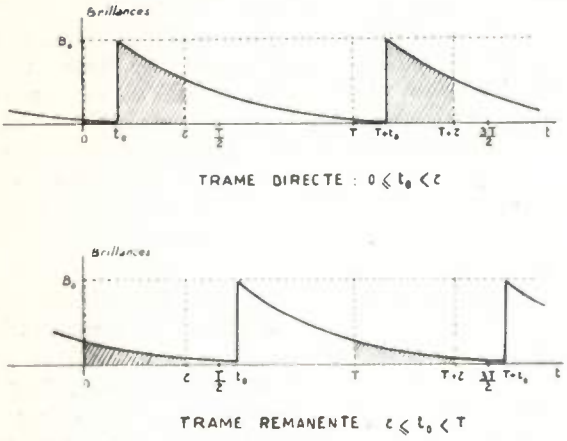


Fig. 5.

limitant sa validité à l'intervalle 0, T et en répétant les variations avec la période T.

Supposons en outre que l'obturateur de la caméra s'ouvre à l'instant 0 et se ferme à l'instant τ, avec, bien entendu, répétition périodique de période T. La figure 5 représente l'allure des variations de la brillance d'un point donné, c'est-à-dire la fonction $B(t-t_0)$ dans les deux cas différents qui se présentent selon que l'instant t_0 tombe pendant l'ouverture de l'obturateur (trame directe) ou pendant sa fermeture (trame rémanente).

Dans ces conditions, remplaçant l'éclairement E de (8) par la brillance B qui lui est proportionnelle, on trouve dans les deux cas ci-dessus les formules suivantes donnant, à un facteur près, les luminations L_d et L_r de l'émulsion photographique.

Trame directe :

$$(10) \qquad L_d = \int_0^{t_0} B\,(t - t_0 + T)\,dt + \int_{t_0}^{\tau} B\,(t - t_0)\,dt$$

Trame rémanente :

$$(11) \qquad L_r = \int_0^{\tau} B\,(t - t_0 + T)\,dt .$$

Remplaçant B par sa valeur déduite de (9) et intégrations faites il vient :

$$\frac{A}{B_0} L_d = 1 - \frac{1}{1 + AT} - \frac{1}{1 + A(T - t_0)} - \frac{1}{1 + A(\tau - t_0)}$$

$$\frac{A}{B_0} L_r = \frac{1}{1 + A(T - t_0)} - \frac{1}{1 + A(\tau + T - t_0)}$$

Au facteur $\frac{A}{B_0}$ près, les seconds membres représentent les expressions de la lumination L du film, respectivement pour $0 < t_0 \leqslant \tau$ et $\tau < t_0 \leqslant T$.

L'allure des variations de L est représentée figure 6. On y a indiqué la valeur maximum et la valeur minimum de L obtenues respectivement pour $t_0 = 0$ et $t_0 = \tau$, à savoir :

$$(12) \quad \begin{cases} t_0 = 0 & L_{max} = 1 - \dfrac{1}{1 + A\tau} \\ t_0 = \tau & L_{min} = \dfrac{1}{1 + A(T - \tau)} - \dfrac{1}{1 + AT} \end{cases}$$

La conséquence physique de ces variations de L est que si l'on suppose le tube cathodique non modulé (balayage en blanc) les différentes lignes de balayage sensibilisent inégalement le film suivant la trame à laquelle elles appartiennent et suivant leur position sur l'image. Par exemple, si l'on prend $\tau \# \frac{T}{2}$ (angle d'ouverture de la caméra voisin de 180°), la trame n° 1 d'analyse donne une demi-teinte dégradée qui, sur le film positif, s'assombrit du haut en bas de l'image alors que la trame n°2 s'éclaircit du haut en bas de l'image.

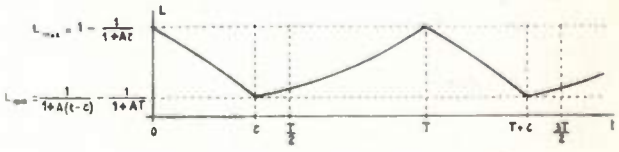


Fig. 6.

Pratiquement donc, il n'y a qu'une petite portion de l'image sur laquelle les deux trames sont suffisamment équilibrées pour que l'entrelacement y soit réalisé. Par contre, si on module la brillance du tube par la fonction $\frac{1}{L}$ l'équilibre des deux trames se trouve à nouveau réalisé.

Passant maintenant de l'image blanche à l'image normale avec ses demi-teintes, on voit qu'un enregistrement correct peut être obtenu si l'on prend soin, à chaque instant de *multiplier* la brillance du spot par $\frac{1}{L}$.

Dans ce but, il convient d'introduire dans la chaîne video un amplificateur à gain variable en fonction du temps. Compte tenu de la caractéristique parabolique du tube, ce gain doit être proportionnel, non pas à $\frac{1}{L}$ mais à $\frac{1}{\sqrt{L}}$. Bien entendu, toutes précautions devront être prises pour que la variation du gain porte à la fois sur les composantes alternatives et sur la composante continue du signal et pour que la valeur du paramètre α qui définit le régime de fonctionnement demeure constante.

Pour fixer les esprits sur l'ordre de grandeur de la variation de gain nécessaire, supposons que la caméra ait un angle d'ouverture de 180° (τ=20 ms) et adoptons la valeur $A = 61{,}5\,s^{-1}$ pour la persistance de la poudre luminescente. Les formules (12) donnent :

$$\left.\begin{array}{l} L_{max} = 0{,}55 \\ L_{min} = 0{,}16 \end{array}\right\} \text{ unités arbitraires.}$$

Le rapport $\frac{L_{max}}{L_{min}}$ est égal à 3,4 environ ce qui correspond pour l'amplificateur à une variation du gain entre des limites G_{max} et G_{min} telles que :

$$\frac{G_{max}}{G_{min}} = \sqrt{3{,}4} = 1{,}85$$

Somme toute, la variation nécessaire de gain est assez réduite et la réalisation de l'amplificateur à gain variable ne pose pas de problème technologique bien difficile. Quant à la loi selon laquelle le gain doit varier, il semble bien que de larges tolérances par rapport à la loi théorique puissent être admises.

Nota — 1/ Le calcul sommaire qui vient d'être fait se réfère au cas où τ est égal à $\frac{T}{2}$. Une étude plus précise des formules (12) montrerait que plus τ est grand, c'est-à-dire plus l'angle d'ouverture de l'obturateur est grand, plus le rapport $\frac{L_{max}}{L_{min}}$ se rapproche de l'unité. Si donc sans rechercher un escamotage ultra-rapide, on peut disposer d'une caméra ayant un angle d'ouverture notablement supérieur à 180°, on y gagne, tant en sensibilité qu'en facilité de réaliser l'amplificateur à gain variable.

2/ On a raisonné comme si chaque balayage d'un point avait pour effet d'effacer la trace résiduelle laissée par le balayage précédent. Nous n'avons pas été en mesure d'étudier la loi de composition de la brillance résiduelle avec la brillance d'inscription, mais il nous semble peu probable qu'il s'agisse d'une simple sommation. En tout état de cause l'erreur faite en négligeant la brillance résiduelle est faible, celle-ci, d'après la formule (9) appliquée à la poudre considérée, n'étant que de 8 % de la brillance initiale.

5.3 — *Appareillage expérimental actuel.*

L'appareillage constituant le vidigraphe en cours de réalisation dans les Laboratoires de la R.T.F. est constitué d'organes assemblés selon le diagramme de la figure 7.

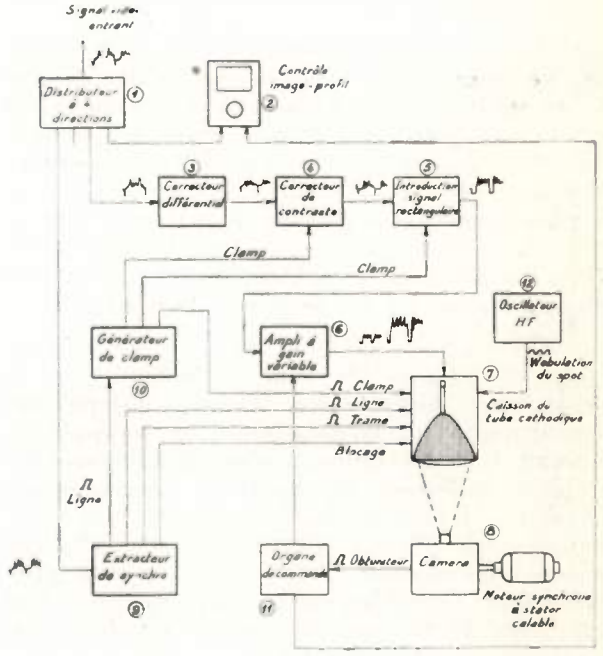


FIG. 7.

Il est prévu pour la cinématographie saccadée d'un tube rémanent, selon les principes qui viennent d'être développés. Selon que l'amplificateur à gain variable y est mis en service ou non, on peut obtenir l'enregistrement de la totalité des lignes ou celui d'une trame simple seulement, en vue d'essais comparatifs. D'autre part, selon la valeur donnée aux paramètres de réglage, il permet le fonctionnement en régime B ou A avec image, soit positive soit négative.

Le signal vidéo à enregistrer est traité de la façon suivante dans les organes qu'il traverse :

a) Après dérivation vers un récepteur de contrôle (2) et vers un extracteur de synchronisation (9), le signal subit les précorrections nécessaires à la compensation des pertes de définition inhérentes au processus ultérieur d'enregistrement. Le correcteur (3) assurant cette fonction peut être, par exemple un correcteur différentiel.

b) Le signal traverse ensuite un correcteur de contraste (4), dont la caractéristique amplitude/amplitude dépend du mode de fonctionnement choisi : Dans le cas du régime B, la correction consiste en une réduction du gamma, l'exposant

de la loi de transfert étant d'environ 0,6. Dans le cas du régime A avec image positive, aucune correction n'est en principe nécessaire. Enfin dans le cas du régime A avec image négative la courbe de réponse doit être l'inverse de celle de la figure 4 correspondant à la valeur de α choisie.

c) On supprime les signaux de synchronisation si le signal les possède et on y substitue un signal rectangulaire infra-noir dans le cas du fonctionnement avec image cathodique positive et ultra-blanc dans le cas inverse, dont l'amplitude à partir du noir est égale à

$$\frac{u_{max}}{\alpha}$$

d) Le signal ainsi modifié est appliqué à un amplificateur à gain variable (6) commandé par des impulsions à 25 p/s émises par la caméra aux instants d'ouverture et de fermeture de l'obturateur et transmises par l'intermédiaire d'un organe de commande (11). Les variations du gain de cet amplificateur s'accompagnent à peu près irrémédiablement de l'introduction dans le signal utile d'une tension parasite dont les variations ont une allure analogue à celle de la variation du gain.

e) On applique le signal ainsi obtenu à l'électrode modulatrice du tube cathodique (7) en alignant très soigneusement les fonds d'impulsions rectangulaires sur la polarisation de coupure du faisceau. Cette opération a pour effet de modifier proportionnellement les brillances correspondant à tous les niveaux d'éclairement, selon leur phase dans le cycle d'image, d'autre part elle débarasse le signal des tensions parasites qui y ont été introduites par l'amplificateur à gain variable. Une impulsion de blocage du faisceau est également appliquée au tube cathodique.

f) Les images formées sur le tube cathodique sont cinématographiées par une caméra intermittente (8) entraînée par un moteur synchrone à stator décalable. Un distributeur d'impulsions, réalisé par exemple au moyen d'une cellule photoélectrique disposée derrière l'obturateur fournit les signaux nécessaires à la commande du gain par l'intermédiaire de l'organe de commande. Cet organe envoie également les impulsions d'ouverture de l'obturateur vers le récepteur de contrôle (2), afin de permettre la mise en phase du moteur de la caméra, grâce à la traînée parasite qui apparait sur son image.

Le reste du processus cinématographique ne comporte rien de spécial, signalons seulement que la construction de la caméra pose des problèmes concernant la réalisation des couloirs dans lesquels la pellicule vierge doit pouvoir défiler sans former de dépôts adhérents, et concernant également le mécanisme dont la robustesse doit être très supérieure à celle d'une caméra usuelle. Ces problèmes ne sont pas nouveaux d'ailleurs car ils ont été résolus pour la mise au point de *projecteurs de cinéma* et, mieux encore, de tireuses *par projection*, dans lesquelles le film défile exactement dans les mêmes conditions que pour la caméra du vidigraphe.

Les autres organes représentés figure 7 s'expliquent d'eux-mêmes et il n'est pas nécessaire d'insister. Un wobulateur de spot à haute fréquence (12) a été prévu, il ne paraît indispensable que dans le cas de l'enregistrement d'une simple trame.

Contrôle photométrique.

Il est bien évidemment nécessaire de stabiliser très soigneusement les alimentations et de disposer d'une excellente restitution de la composante continue, néanmoins les essais ont montré dès leurs débuts que la précision des contrôles de modulation pratiquée au moyen de voltmètres et d'oscilloscopes était insuffisante pour donner lieu à des résultats reproductibles. Par contre le contrôle photométrique a donné satisfaction. On peut s'étonner de ce fait, sachant que les mesures électriques sont susceptibles de beaucoup plus de précision que les mesures photométriques. La raison en est que dans ces dernières, on atteint directement la grandeur utile alors que dans les premières on mesure par exemple des tensions de polarisation intervenant en combinaison avec d'autres grandeurs pour déterminer la brillance du tube. Par ailleurs l'étalonnage photométrique reste valable au cours de la vie du tube et lorsqu'on le remplace, ce qui n'est pas le cas pour l'étalonnage électrique.

Adoptant donc pour le contrôle la méthode photométrique la façon de procéder suivante peut être envisagée :

En vue de l'exploitation normale, deux ensembles doivent être prévus pour permettre les enchaînements. Pendant que l'un des ensembles est en service, on envoie un signal de mire électronique sur l'autre, ajuste les niveaux à leur valeur nominale au moyen de l'oscilloscope du récepteur (2) et vérifie au moyen d'un nitomètre les brillances des blancs et des noirs sur le tube cathodique. Un dispositif stroboscopique à phase variable doit être adjoint au nitomètre en vue de permettre le contrôle de la brillance dans les conditions extrêmes de correction de gain. Pratiquement d'ailleurs il suffit d'observer la brillance des blancs car celle des noirs s'en déduit automatiquement si un contrôle oscilloscopique à la sortie de (5) garantit la valeur correcte de l'amplitude du signal rectangulaire déterminant α. Il est utile à cet égard d'avoir un temps de retour du balayage et un signal de blocage légèrement plus courts que le signal rectangulaire afin de vérifier l'alignement des fonds de ce signal sur la polarisation d'extinction du faisceau. Le nitomètre qui n'a pas besoin d'être un appareil de mesure mais seulement un instrument de comparaison peut être présenté sous la forme d'un pistolet comportant une plage étalonnée que l'on braque vers les points blancs de l'image pendant la période de réglage sur mire électronique.

Il semble bien que de tels ajustages exécutés avant chaque enregistrement soient suffisants, grâce à la stabilité des appareils. Tel est également l'avis de LOVELL et FRASER [21]. S'il apparaissait indispensable d'avoir une possibilité de contrôle permanent pendant le fonctionnement, il faudrait

que le récepteur (7) ait un temps de retour du spot, soit en ligne, soit en trame, plus court que dans les appareils normaux de façon à permettre de border l'image utile par des signaux-types de noir et de blanc introduits, par exemple dans les dernières lignes noires de suppression verticale. Les barres correspondantes seraient alors présentes en permanence sur les bords de l'image et permettraient le contrôle, par exemple au moyen de cellules photoélectriques appliquées contre l'écran cathodique. Un dispositif oscilloscopique permettrait, par ailleurs, de vérifier la concordance des niveaux noir et blanc de l'image utile avec ceux du signal type incorporé. Il semble préférable, néanmoins de n'avoir pas à faire appel à cette méthode qui, outre sa complication, présente l'inconvénient de tenter les exploitants de retoucher les réglages en cours d'enregistrement. Mieux vaut, en effet, avoir une bande de film légèrement incorrecte mais homogène qu'un rendu des demi-teintes variant au long de l'enregistrement. La correction au tirage des copies positives est plus aisée dans le premier cas que dans le second.

La présente étude, entreprise dans les Laboratoires d'Etude de la Radiodiffusion-Télévision Française, est conduite sous la direction de MM. GUYOT, *Ingénieur en chef* et PICOT, *Ingénieur*, que nous tenons à mentionner ici. Nous remercions également M. CHEDEVILLE, *Chef du Service des Etudes* pour les encouragements qu'il nous a prodigués et M. LESCHI, *Directeur des Services Techniques*, pour l'autorisation qu'il nous a donnée de publier ce travail. Enfin, que M. CAZALAS de la Cie des Compteurs et M. PINOIR, des Ets KODAK-PATHÉ, trouvent ici l'expression de notre reconnaissance pour la contribution qu'ils ont bien voulu apporter à notre bibliographie.

BIBLIOGRAPHIE

[1] A. CAZALAS. — Problème de la transformation des standards en télévision. *O.E.* Avril 1951, p. 178.

[2] C.C.I.R. — Documents de la VII[e] Assemblée plénière (Londres 1953). Volume I. p. 243, 249, 252.

[3] F.N. GILLETTE, A.W. KING, R.A. WHITE. — Video program recording. *Electronics* Oct. 1950, p. 90.

[4] W.D. KEMP. — Television recording. *Proc. I.E.E.*, Avril, Mai 1952, art. III A. p. 115. — et *J.S.M.P.T.E.*, Avril 1953, p. 367.

[5] K. SCHLESINGER. — Transfert characteristics of picture tubes. *P.I.R.E.*, Avril 53, p. 528.

[5 *bis*] M. PLOKE. — Elementâre theorie der Elektronenstrahlung mit Trioden Systemen. *Zeitschrift für angewandte Physik* (Springer-Berlin). Déc. 51, p. 441, Janv. 1952, p. 1.

[6] Y. LE GRAND. — *Optique Physiologique*, Tome II p. 261. Paris 1948.

[7] C.L. TOWNSEND. — TV film specifications. *Jour. S.M.P.T.E.*, Août 1950, p. 147.

[8] W. BEHRENDT. — Spezialfilme für die Registrierung von Fernsehsendungen. *N.W.D.R. Tech Mitt.* 1953, 11-12, p. 235.

[9] F.J.H. VANDER POEL, J.J.P. VALETON. — L'explorateur à spot. *Rev. Tech. Philips*, Fév. 1954, p. 213.

[10] P. MANDEL. — Procédé réversible pour l'enregistrement et pour la reproduction électronique des films cinématographiques. *Onde Electrique*, Avril 1953, p. 206.

[11] H.G. JENKINS, A.H. MC KEAG, E.E. WELCH. — Phosphors for television cathode-ray tubes. *Proc. I.E.E.*, Air Mai 52, p. 542.

[12] R.E. JOHNSON, A.E. HARDY. — Performance characteristics of cathode-ray tube screens. *R.C.A. Rev.* Déc. 47, p. 660.

[13] A. BRIL, H.A. KLASENS. — New phosphors for flying-spot cathode ray tubes. *Phil. Res. Reports*, Déc. 1952 p. 421.

[14] A. BRILL, J. DE GIER, H.A. KLASENS. — Un tube cathodique pour l'exploration par spot. *Rev. Tech. Philips* .Févr. 1954, p. 225.

[15] O.H. SCHADE. — Electrooptical characteristics of television systems *R.C.A. Rev.* Mars, Juin, Sept., Déc. 1948.

[16] H.A. WHEELER, LOUGHREN. — The fine structure of television images. *P.I.R.E.*, Mai 1938.

[17] G.G. GOURIET. — Spectrum equalization. Use of differentiating and integrating circuits. *Wir. Engineer*, Mai 1953, p. 112.

[18] S. MALLEIN. — Note sur les possibilités théoriques d'analyse en télécinéma et d'enregistrement de télévision sur film, *Ann. Télécomm.*, Juil. 1948, p. 217.

[19] A.F.N.O.R. Normes françaises S. 24 - 002, S 24 - 003. S 24 - 102, S 24 - 103.

[20] A.S.A. — Normes américaines. *J.S.M.P.T.E.*, Janv. 1954, p. 85. 87, 89.

[21] R.E. LOVELL, R.M. FRASER. — Kinescope recording : film exposure control. *Jour. S.M.P.T.E.*, Mars 1953, p. 226.

[22] Anonyme. — Films in Television. *S.M.P.T.E.*, Avril 1949, p. 363.

[23] O. SANDVIK and T.G. VEAL. — Motion Picture Films for Television *British Kinematography* 17 Nov., 1950, p. 141.

[24] H.J. SCHLAFLY. — Some comparative Factors of Picture Resolution in Television and Film Industries. *J.S.M.P.T.E.*, Janv. 1951, p. 44.

[25] R.L. GARMAN and R.N. LEE. — Images Tubes and Techniques in Television Film Camera chains. *J.S.M.P.T.E.*, Janv. 1951, p. 52.

[26] O.H. SCHADE. — Image gradation, Graininess and Sharpness in Television and Motion Picture Systems. *J.S.M.P.T.E.*, Fév. 1951, p. 137, Août 1953, p. 97.

[27] K.B. BENSON, A. ETTLINGER. — Practical use of Iconoscopes and Image-Orthicons as Film Pick-up Devices. *J.S.M.P.T.E.*, July 1951, p. 9.

[28] W.P. KEMP. — Television Image Kinematography. *British Kinema*, Aug. 1951, p. 36.

[29] W.K. GRIMWOOD, T.G. VEAL. — Dynamic Transfer Characteristic of a Television Film Camera chain. *J.S.M.P.T.E.*, Sept. 1951, p. 249.

[30] P.J. HERBST, R.O. DREW, S.W. JOHNSON. — Electrical and Photographic Compensation in Television Film Reproduction. *J.S.M.P.T.E.* Oct. 1951, p. 289.

[31] Rudolph L. KUCHN. — Improved Photo recording from Cathode Ray Television Tubes — *Tele-Tech.* February 1952, p. 48.

[32] P.J. HERBST, R.O. DREW, J.M. BRUMBAUGH. — Factors affecting the Quality of Kinerecording. *J.S.M.P.T.E.*, Feb. 1952, p. 85.

[33] MC GHEE. — A survey of the Development of Television Pick up Devices. *Jour. of the British Inst. of Radio Engineers*, Nov. 1953.

[34] J.L. BLISS. — Photographic Recording of Television Images. *Journ. Phot. Science*, Mars-Avril 1954, p. 45.

[35] R.M. FRASER. — Motion picture photography of television images. *R.C.A. Rev.*, Juin 1948, p. 202.

[36] J.L. BOON, W. FELDMAN, J. STOIBER. — Television recording cameras. *J.S.M.P.E.*, Août 1948, p. 117.

[37] C.F. WHITE, M.R. BOYER. — A new film for photographing the television monitor tube. *J.S.M.P.E.*, Août 46, p. 152.

[38] T.T. GOLDSMITH, H. MILHOLLAND. — Television transcription by motion picture film. *J.S.M.P.E.*, Août 48, p. 107.

[39] C.B.B. WOOD. — Some fundamental aspects of telerecording. *Jour. of Telev. Soc.*, Oct. Déc. 53, p. 143.

[40] D.A. SMITH. — Television recording. *Wireless World*, Août 1949, p. 305.

[41] F.N. GILLETTE. — The picture splice as a problem of video recording. *J.S.M.P.E.*, Sept. 1949, p. 242.

[42] F.N. GILLETTE, R.A. WHITE. — New video recording camera. *J.S.M.P.T.E.*, Juin 1951, p. 672.

[43] G.H. GORDON. — Video recording techniques. *Tele. Tech.* Mai 1949, p. 31, Juin 1949, p. 29.

[44] G.H. GORDON. — Video recording techniques. *Tele. Tech.*, Mai 1949, p. 31, Juin 49, p. 29.

[45] G.H. GORDON. — Video recording, film considerations. *P.I.R.E.*, Juil. 52, p. 779.

[46] W.D. KEMP. — A new television recording camera. *Brit. Kinemat.*, Août 1952.

[47] R.M. FRAZER. — New 35 mm single-film-system kinescope recording camera. *J.S.M.P.T.E.*, Juin 1954, p. 441.

[48] H.W. BAKER, W.D. KEMP. — The recording of television programmes. *The B.B.C. Quaterly*. Winter 1949-50, p. 1.

[49] E.H. TRAUB. — Wew 35 mm television film scanner. *J.S.M.P.T.E.*, Janv. 1954, p. 45.

[50] Fred. G. ALBIN. — Sensitometric aspect of Television Monitor Tube Photography, *J.S.M.P.T.E.*, Déc. 1948, p. 595.

L'ENREGISTREMENT DES IMAGES DE TÉLÉVISION ET DES IMAGES SIMILAIRES

PAR

Y. L. DELBORD

Ingénieur en Chef
au Centre National d'Etudes des Télécommunications

Ces quelques notes n'ont d'autre but que de résumer les résultats acquis à l'heure présente tant du point de vue de la qualité que du prix de revient de l'enregistrement des programmes de télévision.

Il a semblé nécessaire de faire précéder ces renseignements d'un rappel des résultats acquis vers 1947 afin que les comparaisons soient complètement justifiées.

I. — QUALITÉ RÉSULTANT DE LA COMBINAISON DE DEUX TRANSMISSIONS OU ENREGISTREMENTS SUCCESSIFS.

Les formules auxquelles ont abouti les recherches expérimentales sont indiquées sur l'abaque dont elles ont permis la réalisation. Cet abaque est placé en fin d'article, page 980.

a) Partie inférieure de l'abaque.

Pour un nombre de lignes données et un spectre de fréquences donné l'abaque indique immédiatement le pouvoir de résolution horizontal de l'image (les traits pleins correspondent à 50 analyses verticales par seconde les traits pointillés à 60). Le pouvoir de résolution est défini par le nombre maximum de barreaux alternativement noirs et blancs qu'il est possible de dénombrer sur la largeur de l'image de la mire. Les résultats ont été vérifiés sur divers équipements et supposent une courbe de transmission conforme aux normes habituelles.

Partant de L à gauche, une horizontale coupe l'oblique caractéristique du spectre qui renvoie vers l'axe des abscisses ; N_1 est le pouvoir de résolution horizontal.

b) Partie supérieure de l'abaque.

1° La définition horizontale étant calculée ou connue (axe des abscisses), une verticale partant de cette valeur coupe les courbes situées à droite de l'oblique (retransmission idéale) en un point qui a pour ordonnée la définition horizontale résultant de l'enregistrement.

2° Après retransmission sur un système de télévision dont le nombre de lignes est indiqué sur les courbes de la partie gauche, la définition horizontale est réduite à la valeur lue sur l'axe des abscisses. C'est l'abscisse de l'intersection de l'horizontale passant par le point défini en b et de la courbe de gauche correspondant au nombre de lignes adopté.

II. — PROCÉDÉS D'ENREGISTREMENT DE TÉLÉVISION SUR FILM.

a) Qualité de l'enregistrement.

Les procédés les plus simples théoriquement sont l'enregistrement sur film de 35 mm, sur film de 16 mm et sur bande magnétique. Les résultats obtenus sont résumés sur le tableau A.

La seule remarque importante résultant de l'examen de ce tableau est que l'adoption du film de 35 mm en France est aussi justifiée que celle du 16 mm aux Etats-Unis.

b) Prix de revient des divers procédés d'enregistrement.

Le tableau B donne les prix de revient comparatifs des divers enregistrements classiques y compris le cas d'images en couleurs. On remarquera que seul le cas d'un enregistrement à 25 images par seconde a été considéré.

Ceci demande une justification :

En effet il a été proposé à plusieurs reprises des enregistrements à 16 2/3 images/s et même par

TABLEAU A

QUALITÉS COMPARATIVES
DE DIVERS PROCÉDÉS D'ENREGISTREMENT

Normes françaises

	Définition (1) résultante
Transmission directe — Bande passante 10,4 Mc/s	1 000
Programme filmé en 35 mm (Nég.). Retransmis en télécinéma	660
Programme filmé en 16 mm (Inversible)	550
Programme enregistré magnétiquement (Bande passante 10 Mc/s et retransmis)	700
Programme enregistré magnétiquement 4 Mc/s	360
Film de 16 mm Positif tiré d'un Nég. 35 mm et retransmis en Télécinéma	390

Normes américaines

	Définition
Transmission directe — Bande passante 4 Mc/s	500
Programme filmé en 35 mm (Nég.) Retransmis en télécinéma	340
Programme filmé en 16 mm (Inversible)	330
Programme enregistré magnétiquement (Bande passante 4 Mc/s et retransmis)	350

N.B. — En 819 lignes un enregistrement magnétique à bande passante 9 Mc/s donne la même qualité qu'un enregistrement sur Négatif 35 mm. L'équivalence avec le 16 mm inversible représente 7 Mc/s, 5 Mc/s correspondant à la copie positive 16 mm tirée d'un négatif 35 mm.

(1) Le nombre indique le nombre maximum de bandes de largeurs égales alternativement blanches et noires visibles sur l'écran du récepteur.

TABLEAU B

PRIX DE REVIENT COMPARATIFS
POUR UNE HEURE DE SPECTACLE
DES DIVERS PROCÉDÉS D'ENREGISTREMENT
DE PROGRAMMES DE TÉLÉVISION
en France
(*Enregistrements conservés en archives*)

A. *Programmes en noir et Blanc 25 images par seconde*

Film cinéma	35 mm (Négatif original muet et son magnétique séparé) : 117 648 + 4 100 (son magnétique à 38 cm/s). 16 mm (Inversible original muet et son magnétique séparé) : 31 806 + 4 100 (son magnétique à 38 cm/s).	
Bande magnétique	12,7 mm (Image seule ou image et son) Bande passante 10 Mc/s	259 000
	Bande passante 4 Mc/s	108 000

B. *Programmes en couleurs 25 images par seconde*

Film cinéma	35 mm Gevacolor (Négatif + Positif muet et son magnétique séparé) : 722 646 + 4 100 (son magn. à 38 cm/s). 16 mm Kodachrome (Inversible original muet et son magnétique séparé) : 73 188 + 4 100	
Bande magnétique	12,7 mm (Image seule ou image et son) Bande passante 10 Mc/s	259 000
	Bande passante 4 Mc/s	108 000

N.B. — Dans le cas de réemploi de la bande magnétique et en admettant que celle-ci soit utilisée cinquante fois on arrive à des prix horaires de 5 180 frs (Bande passante 10 Mc/s) et 2 160 frs (Bande passante 4 Mc/s).

l'utilisation du système d'anamorphose du Professeur CHRETIEN nous avions pu obtenir en 1948 des enregistrements sur film de 35 mm avec images « tête-bêche » qui sans perte sensible de qualité permettait de réduire les prix de revient dans la proportion de $\left(1 \times \frac{2}{3} \times \frac{1}{2}\right) = \frac{1}{3}$ du prix normal (1). En tenant compte de la qualité supérieure obtenue le résultat pratique était que l'enregistrement sur film 35 mm devenait *moins coûteux* que l'enregistrement ordinaire sur film de 16 mm (2).

Il est probable que dans un avenir proche le seul dispositif de télécinéma admissible en Europe sera le procédé connu sous le nom de « Flying spot ».

Ces dispositifs impliquent obligatoirement un film à 25 images par seconde. D'autre part la méthode des images « tête-bêche » qui permet la retransmission immédiate de la même bobine pour la deuxième partie du film sans « réenroulement » préalable a le grave inconvénient d'obliger à la coupure de la même quantité de film sur la partie bonne (enregistrée tête-bêche) (voir fig. 2).

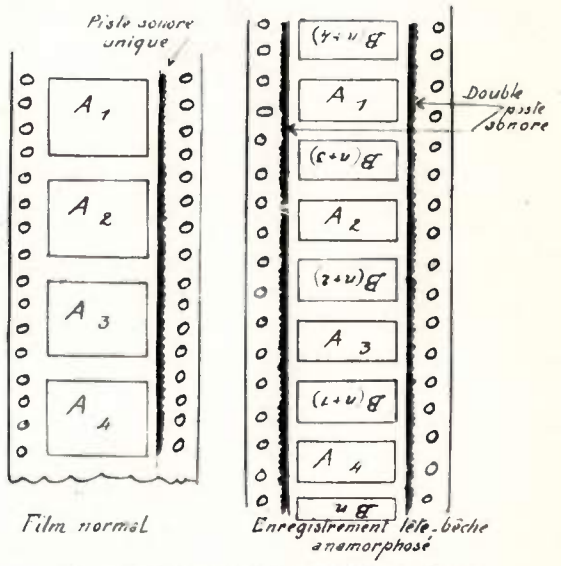


FIG. 2. — Méthode de l'enregistrement tête-bêche.

(1) Utilisation de la Cameflex ECLAIR de M. COUTANT et d'un Hypergonar obligeamment prêté par M. le Professeur CHRETIEN.

(2) Par la suite une anamorphose électronique a été utilisée seule et s'est révélée suffisante.

Il faut donc perdre l'illusion de faire des économies par ces procédés qui n'ont intéressé aucun des utilisateurs éventuels ; à l'heure actuelle ces utilisateurs difficiles sont encore à la recherche d'un procédé d'enregistrement qu'ils pourraient considérer comme satisfaisant.

Avant de quitter ce tableau comparatif des prix de revient des divers procédés d'enregistrement il est nécessaire de préciser que les chiffres relatifs à l'enregistrement magnétique ne tiennent pas compte de la nécessité des montages. Il est invraisemblable qu'une bande magnétique puisse servir cinquante fois sans qu'une seule coupure soit faite dans sa longueur. L'avis des spécialistes américains consultés est qu'une bande magnétique ne pourrait, en moyenne, servir *plus de cinq fois*. Ce renseignement obligerait à multiplier les prix indiqués par dix. Le prix de l'heure d'enregistrement sur bande magnétique en France s'éleverait donc à 51 800 francs dans le cas où le document est détruit et 259 000 francs dans le cas où le document est conservé.

Les mêmes spécialistes américains signalaient d'ailleurs l'impossibilité de conserver longtemps (cinq ans par exemple) un document enregistré sur bande magnétique.

A titre documentaire nous avons reproduit en le traduisant sur la figure 3, un document américain destiné à montrer les avantages de l'enregistrement magnétique. L'exagération des sujétions résultant de l'emploi du film photographique est trop évidente pour que nous nous attardions à la signaler.

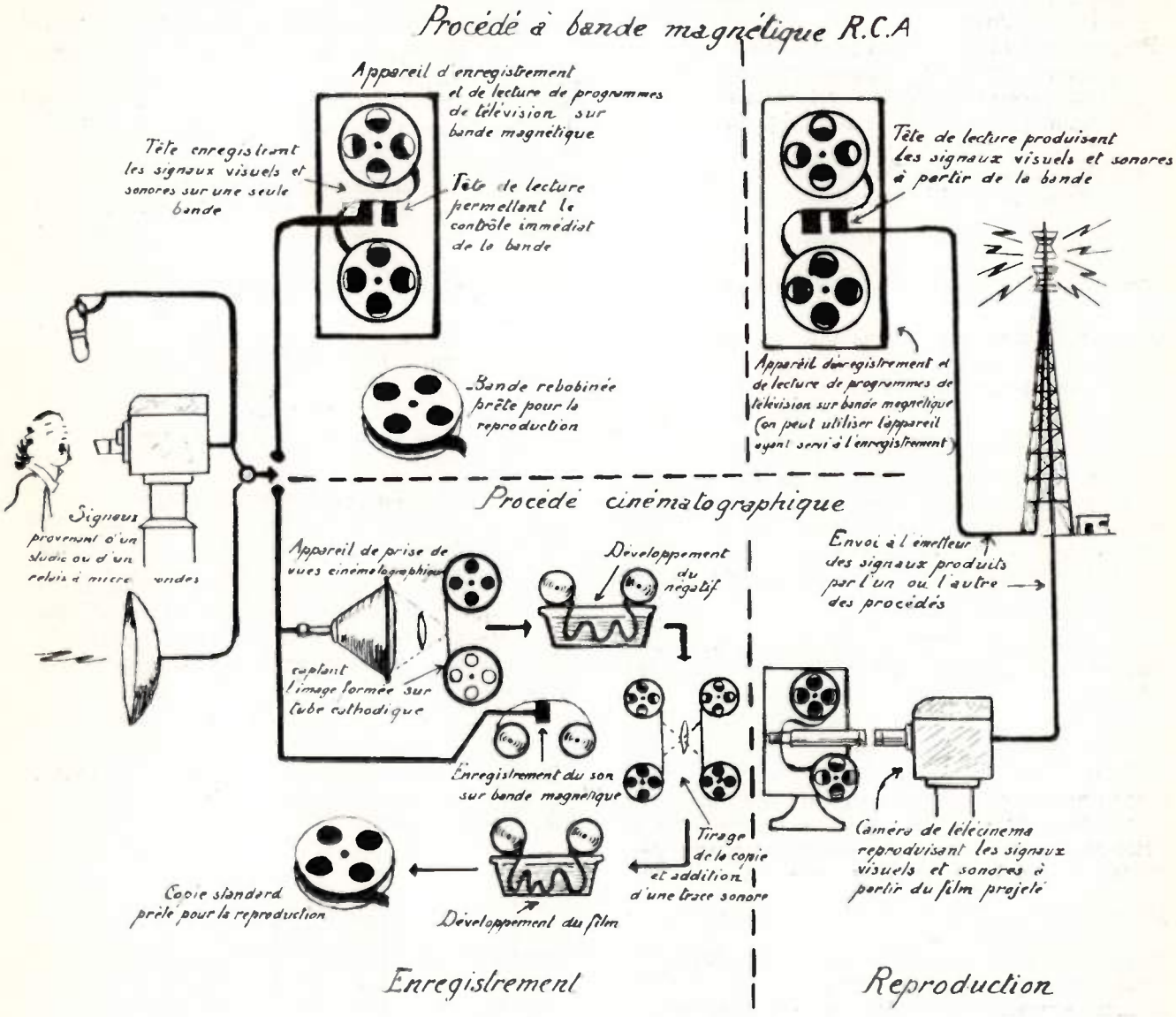

Procédé à bande magnétique R.C.A
Appareil d'enregistrement et de lecture de programmes de télévision sur bande magnétique
Tête enregistrant les signaux visuels et sonores sur une seule bande
Tête de lecture permettant le contrôle immédiat de la bande
Tête de lecture produisant les signaux visuels et sonores à partir de la bande
Bande rebobinée prête pour la reproduction
Appareil d'enregistrement et de lecture de programmes de télévision sur bande magnétique (on peut utiliser l'appareil ayant servi à l'enregistrement)
Procédé cinématographique
Signaux provenant d'un studio ou d'un relais à micro-ondes
Appareil de prise de vues cinématographique
Développement du négatif
Envoi à l'émetteur des signaux produits par l'un ou l'autre des procédés
Copiant l'image formée sur tube cathodique
Enregistrement du son sur bande magnétique
Caméra de télécinéma reproduisant les signaux visuels et sonores à partir du film projeté
Tirage de la copie et addition d'une trace sonore
Copie standard prête pour la reproduction
Développement du film
Enregistrement
Reproduction

FIG. 3. — Comparaison schématique du procédé d'enregistrement sur bande magnétique R.C.A. et du procédé cinématographique habituel montrant les éléments éliminés grâce à l'emploi de la bande lors de l'enregistrement de programmes de télévision monochrome ou polychrome en vue de leur utilisation ultérieure en télévision radiodiffusée.

c) *Prix du film cinématographique.*

Les tableaux C et D, donnent des éléments de prix permettant de comparer les prix du film dans divers cas d'utilisation. Nous avons pensé qu'ils éviteraient des recherches fastidieuses aux utilisateurs éventuels de film pour l'enregistrement des programmes de télévision en noir et blanc ou en couleurs.

TABLEAU C

PRIX DE REVIENT COMPARATIFS DES FILMS (en francs).

Coût de la minute de projection à la cadence de 16 images par seconde

FORMAT	PRÉSENTATION	NOIR et BLANC		COULEUR
		Film ordinaire	Film rapide	
8 mm	Bobine de 7 m 50 (2×8)	257	313	421
	Bobine film réclame	235		
9,5 mm	Galette de 9 m.....	318	358	
	Bobine de 15 m	351	387	1 182
	Bobine de 30 m ..	322	358	1 103
16 mm	Bobine de 15 m 25	596	657	993
	Chargeur de 15 m 25	723	795	1 314
	Bobine de 30 m 50 .	533	587	1 533
	Bobine de 61 m....	510	541	1 168
35 mm	Positif négatif à titre de comparaison ..	3 360	3 360	12 847

Les prix ci-contre sont les prix de revient pour des particuliers, sauf pour le 35 mm dont le prix est net.

Pour obtenir les prix de gros, multipler les chiffres du tableau par 0,66.

Pour obtenir les prix correspondant à la cadence de 24 images par seconde multiplier les chiffres du tableau par 1,5.

FORMAT	8	9,5	35	9,5 sonore
Rapport des surfaces utiles par rapport au 16 mm	0,26	0,73	4,56	0,68 *
Rapport des prix en *N* et *B*	** 0,48	0,6	6,3	0,6
Rapport des prix en couleurs	0,36	0,85	11	0,85
Proportion prix/surface par rapport au 16 mm en *N* et *B*.....	+ 85 %	— 18 %	+ 140 %	— 12 %
Proportion prix/surface par rapport au 16 mm en couleurs	+ 38 %	+ 16 %	+ 38 %	+ 25 %
Rapport des prix entre la couleur et le noir et blanc :***.....	1,64	3,1	3,82	3,1

par rapport au	le	Coûte en *N* et *B*	Coûte en couleurs	Rapport des surfaces
8 mm	9,5 mm	25 % de plus	135 % de plus	180 % en plus
8 mm	16 mm	107 % de plus	177 % de plus	285 % en plus
9,5 mm	8 mm	21 % de moins	58 % de moins	64 % en plus
9,5 mm	16 mm	70 % de plus	17 % de plus	37 % de plus
16 mm	8 mm	52 % de moins	64 % de moins	74 % en moins
16 mm	9,5 mm	40 % de moins	15 % de moins	27 % en moins

* Le rapport des surfaces utiles pour le 9,5 mm sonore par rapport au 9,5 muet est de 0,93.
** Prix basés sur l'emploi de bobines de 7,50 m en 8, et de bobines de 30 m en 9,5 et 16.
*** Ce rapport est de 2,2 pour le 16 mm.

TABLEAU D

PRIX DE REVIENT (en francs) DES FILMS CINÉMATOGRAPHIQUES

35 mm § Décembre 1953

CATÉGORIE		COULEUR Procédé GEVACOLOR	NOIR ET BLANC
Prix du mètre de Négatif image		192,50	49,00
Prix du développement du négatif image (le mètre)		60,80 +	19,80 +
Prix total du mètre du Négatif image développé		253,30	68,80
Prix du mètre de Négatif Son		26,50	26,60
Prix du développement du Négatif Son (le mètre)		15,40 +	15,40 +
Prix total du mètre de Négatif Son développé		42,00	42,00
Prix du m de Positif Image et Sons combinés dit Tirage Standard		86,00	25,25
Prix du tirage et du développement (le mètre)		83,30 + x	25,30 + o
Prix total du m de Copie Standard		159,30	50,55
Prix total du m Négatif-Positif-Standard		464,60	161,35

§ Cadence de projection 24 images par seconde.
\+ Y compris majoration de 10 % sur le métrage traité.
x Y compris 15 % de taxes.
22,40 pour tirage sur support ordinaire inflammable.
o 16,50 pour tirage image seule ou son seul.

Prix de revient final Négatif-Positif-Standard	la seconde	212	69
	la minute	12 720	4 140
	l'heure	763 200	248 400
Prix de revient copie d'Exploitation (l'heure)		277 920	82 800

16 mm § Décembre 1953

CATÉGORIE		COULEUR Procédé KODACHROME	Noir et BLANC
Prix du m de Film Inversible développé et Inversé		107,00	46,50 +
Prix de revient final	la seconde	19,50	8,65
	la minute	1 171	519
	l'heure	70 267	30 537

§ Cadence de projection 24 images par seconde. — Prix nets.
\+ Ce prix s'entend par quantité importante.

III. — ENREGISTREMENT D'IMAGES DE RADAR SUR FILM.

Nous ne voudrions pas quitter le sujet de l'enregistrement photographique des images de tubes cathodiques sans dire un mot de l'enregistrement des images de radar.

Il est de pratique courante sur les terrains d'aviation d'enregistrer sur bande magnétique les communications téléphoniques entre pilotes et tours de contrôle. Les informations données par les pilotes sont très souvent erronées car le pilote a intérêt à indiquer une position plus proche du terrain que sa position réelle. Cet enregistrement d'informations le plus souvent fausses, destinées à déterminer les responsabilités en cas d'accidents graves coûte par heure d'enregistrement 1 026 francs (1). L'enregistrement de *toutes* les images d'un radar, images qui donnent des informations exactes et indiscutables et qui permettent de faire défiler en quelques minutes une journée entière de trafic revient à 435 francs l'heure en moyenne (2).

(1) Vitesse de déroulement 9,5 cm/s.

(2) Sur film de 16 mm très suffisant étant donné la qualité habituelle des images de radar.

La qualité est évidemment très proche de celle que donne le radar lui-même.

IV. — Autres procédés d'enregistrement.

a) Xérographie.

L'utilisation de l'enregistrement photographique des images de télévision est obligatoire quand il s'agit de méthodes de projections sur grand écran

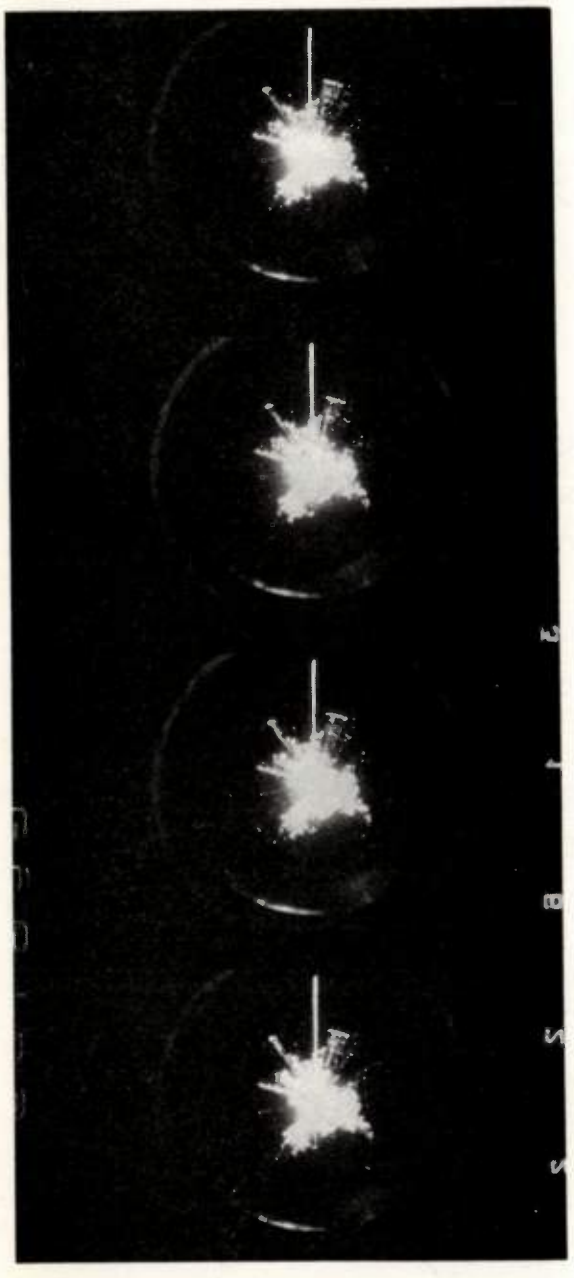


Fig. 4. — Image de radar (photo).

connues sous le nom de « méthode du film intermédiaire ». Nous croyons nécessaire de répéter des réflexions souvent entendues : De pareilles méthodes sont très onéreuses et la qualité obtenue si l'on cherche l'économie est tout à fait insuffisante. Les personnes les plus compétentes en matière de projection sur grand écran nous ont dit, à plusieurs reprises, que seule la xérographie permettait de résoudre le problème. A notre connaissance aucune recherche n'est faite en France sur ce sujet mais les résultats acquis aux Etats-Unis pour la photographie permettent d'espérer l'extension du procédé à la cinématographie et, par conséquent, à l'utilisation en télévision.

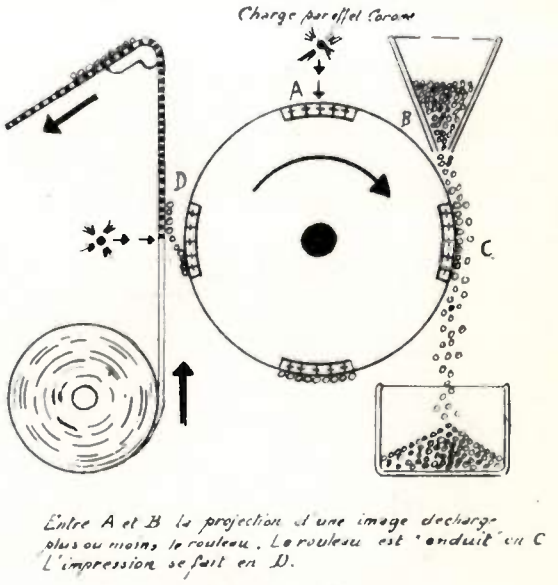

Charge par effet Corona
A
B
D
C
Entre A et B la projection d'une image de charge plus ou moins le rouleau. Le rouleau est enduit en C. L'impression se fait en D.

Fig. 5. — Principe de la xérographie.

Enregistrement magnétique « en surface ».

Plusieurs brevets ont été déposés (1) proposant une méthode pour éviter l'enregistrement « tout en longueur » sur bande magnétique. Il s'agit, dans tous les cas de produire une image magnétique identique aux images électroniques existant sur la mosaïque d'un iconoscope par exemple. De tels procédés

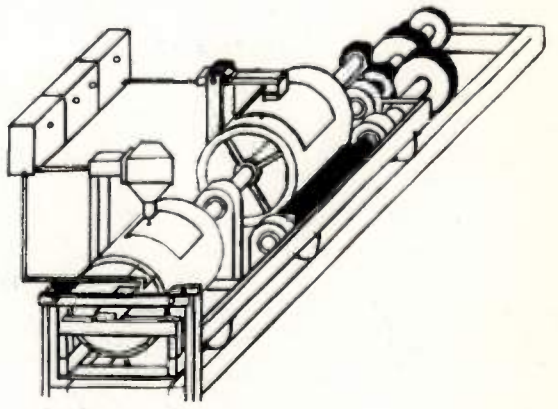


Fig. 6. — Ferrographie.

sont en usage dès maintenant dans certaines machines à calculer dont Monsieur Raymond a eu l'occasion de parler au cours de ce Congrès, elles donnent toute satisfaction quant à la finesse des « images » et à la fidélité de reproduction. Les vitesses d'enre-

(1) Brevet Coutant (N° 995 953 du 23 Sept. 1949 + additif P.V. 48 733 du 21 Juillet 1950 ; N° 1 029 218 du 5 déc. 1950.

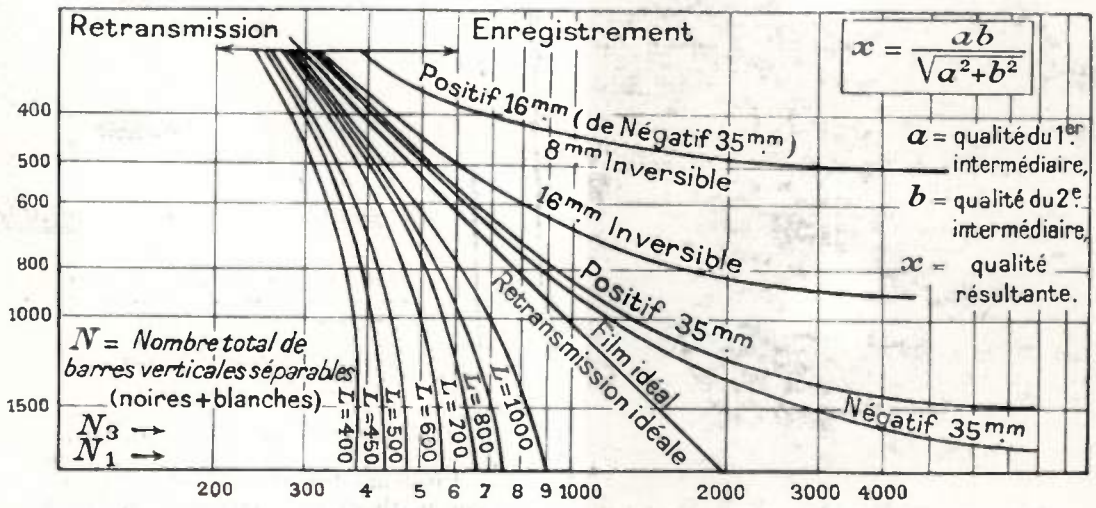
gistrement sont toutefois très faibles et pour arriver aux vitesses de la télévision de très sérieux problèmes se posent.

Signalons enfin l'apparition de la Ferrographie étudiée aux Laboratoires ATKINSON à Hollywood et dont la figure 6 montre une réalisation (1). Ce procédé devrait permettre d'imprimer un film à partir d'une image de télévision sans passer par l'intermédiaire d'un tube cathodique avec la même restriction que ci-dessus relativement à la vitesse d'inscription.

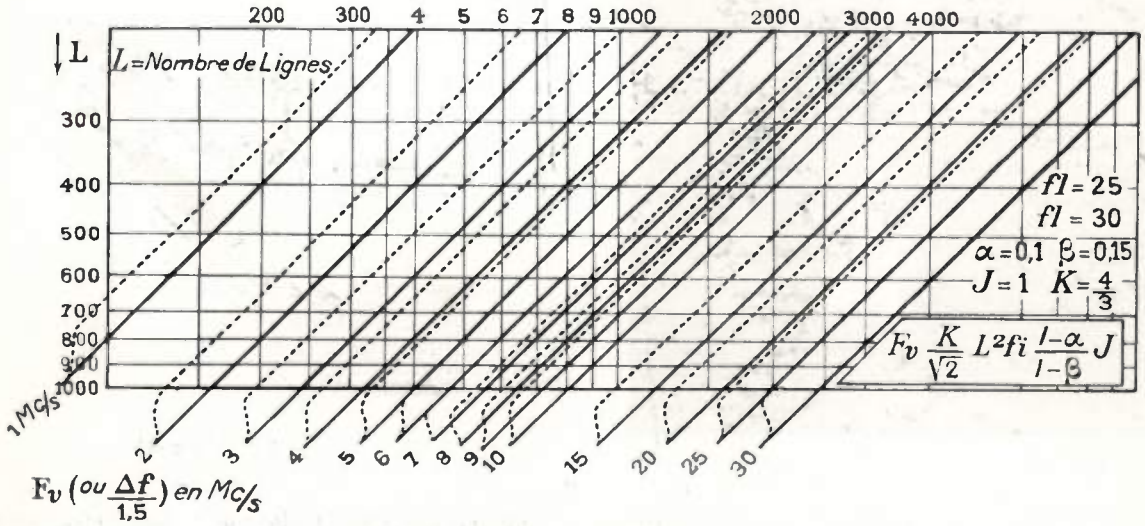
Bien que de tels procédés semblent d'une réalisation délicate les progrès faits dans le domaine de la xérographie dans le but de concurrencer la photographie classique permettent d'espérer des solutions neuves pour la télévision qui n'a pas encore à sa disposition les procédés idéaux d'enregistrement permanents ou temporaires.

(1) Voir FERROGRAPHY par Ralph B. ATKINSON et Steven G. ELLIS, *Journal of the Franklin Institute*, Novembre 1951.

ABAQUE



Qualité des enregistrements de télévision sur film cinématographique et des retransmissions.



Nombre de lignes, spectre de fréquence correspondant et pouvoir de résolution horizontale.

LA TÉLÉVISION ITALIENNE ET LE CENTRE DE PRODUCTIONS DE MILAN

PAR

A. MAGELLI

1. — *Aperçus sur l'organisation et les activités de la Télévision Italienne.*

La télévision italienne a reçu son baptême officiel le 1er Janvier 1954 et, après six mois à peine d'existence officielle, elle compte déjà environ 60 000 abonnés. Ce succès n'a pu être obtenu que grâce aux efforts accomplis, tant sur le plan de l'organisation, que sur le plan technique, par la « RAI » (RADIO-ITALIANA), Société qui gérait déjà en Italie le Service radiophonique et qui a désormais pris le nom de « RAI » (RADIOTELEVISIONE-ITALIANA).

Comme on le sait, la RAI avait, dès Septembre 1949, commencé à former des techniciens, des organisateurs, des artistes et des régisseurs en organisant à TURIN, des émissions expérimentales de télévision, ainsi qu'un studio annexe de prises de vues et des équipements pour télécinéma. Ce cycle expérimental s'est terminé à la fin de 1953.

Au début de son service officiel, la télévision italienne disposait déjà de 5 studios de prises de vues à MILAN, un à TURIN et deux à ROME, ainsi que d'installations pour télécinéma dans ces trois villes ; d'un établissement pour développement, tirage et montage de films de format réduit (16 mm) ; de 5 équipes de reportages, chacune possédant son matériel sur voitures automobiles et dotée de trois caméras de télévision, et enfin d'appareils et équipements auxiliaires et d'un certain nombre de liaisons hertziennes par micro-ondes.

Les programmes de télévision sont émis par des émetteurs de construction tout-à-fait moderne. La description de ces émetteurs, ainsi que celle des liaisons hertziennes, soit à ondes métriques, soit à micro-ondes, ne font pas l'objet du présent article. La seconde partie de notre article va fournir, par contre, une description sommaire des équipements techniques du Centre de production de MILAN, lequel, avec ses 5 studios produit à l'heure actuelle les 4/5 des programmes italiens de télévision directe.

Avant de passer à cette description, il nous semble utile de rappeler que la télévision italienne a été en mesure d'assurer, dès sa mise en service officielle :

a) Un « téléjournal d'actualités », édité quotidiennement sur film de 16 mm, par les soins de la RAI, utilisant exclusivement ses propres opérateurs et des correspondants dans les principales villes de l'Italie ou même de l'étranger.

Le téléjournal est programmé, chaque jour, à 20 heures 45 et répété à 23 heures environ, à la fin des émissions. Il est procédé, de plus, à des échanges avec les services analogues des télévisions européennes et américaines.

b) Deux productions théâtrales par semaine. Ces productions sont réalisées dans les studios de la télévision italienne avec la participation d'artistes et de régisseurs connus du public. La plus importante (celle du vendredi) est normalement « répétée » l'après-midi du dimanche.

c) Divers programmes de spectacles de variétés et de revues de télévision à raison de deux ou trois par semaine.

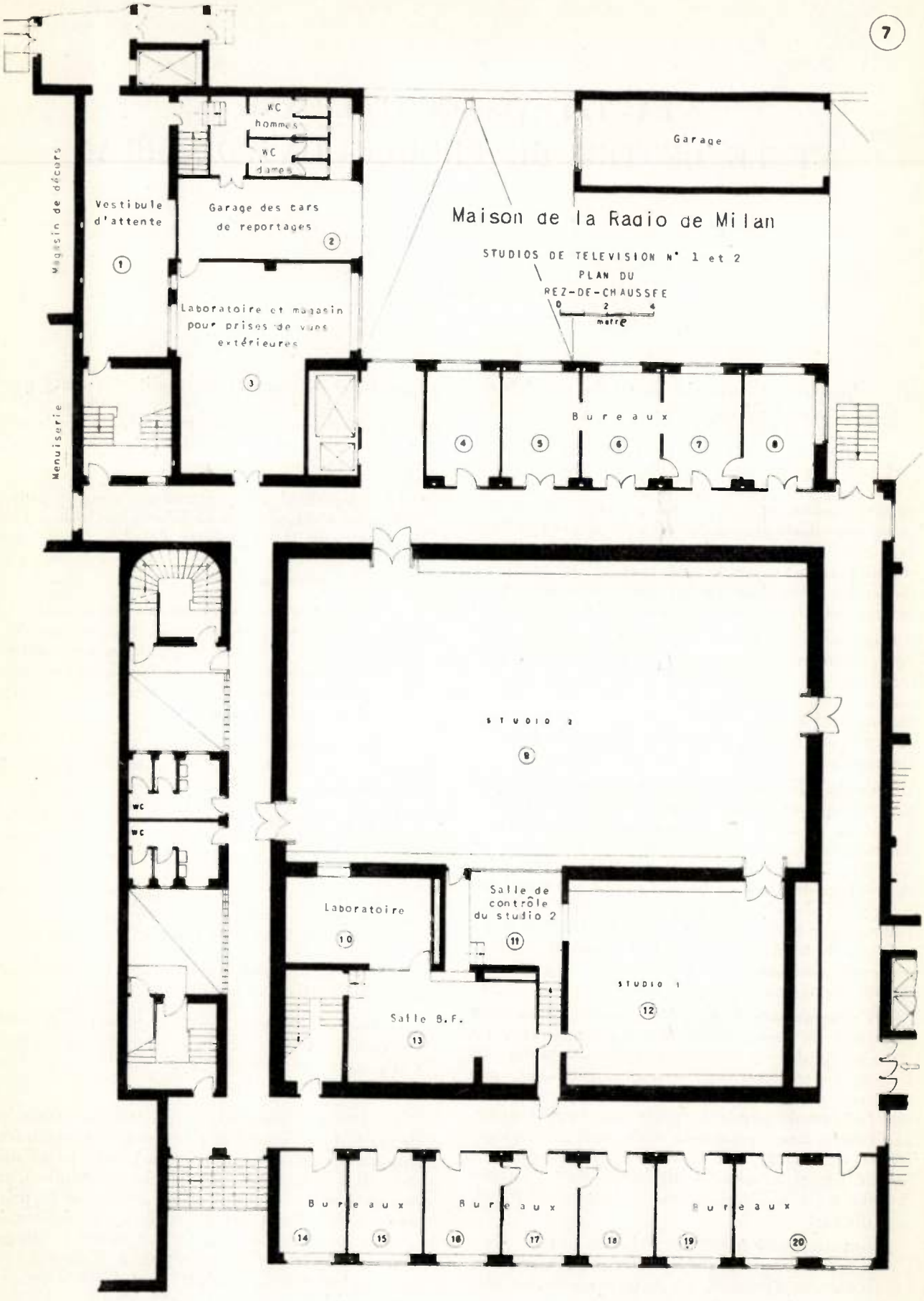
d) Des spectacles de variétés exécutés en présence du public, une fois par semaine et alternativement de MILAN et de ROME.

(Le 5e studio de MILAN et le studio N° 2 de ROME ont été aménagés respectivement dans un théâtre et dans une salle spéciale réservée à ces émissions.)

e) Des « rubriques » culturelles, d'actualités, de variétés, sportives et politiques.

f) Des programmes spéciaux pour la jeunesse, discriminés selon l'âge ou le sexe des spectateurs. Ces programmes passent l'après-midi, tous les jours fériés, sauf le samedi.

g) A tous les éléments de programmes énumérés de (a) à (f) s'ajoutent des émissions de télécinéma, soit qu'il s'agisse de films ayant déjà passé dans des salles de cinéma, soit de films produits directement par les soins de la RAI, à la suite de prises de vues dans les stades, les théâtres, les églises, les musées, etc... Généralement ces courts métrages sont complétés par la projection de l'un des films (en nombre assez restreint) dont l'industrie cinématographique autorise la projection en télévision.


7
Maison de la Radio de Milan
STUDIOS DE TELEVISION N° 1 et 2
PLAN DU
REZ-DE-CHAUSSEE
0 2 4
mètre
Magasin de décors
Menuiserie
Vestibule d'attente
1
WC hommes
WC dames
Garage des cars de reportages
2
Laboratoire et magasin pour prises de vues extérieures
3
Garage
Bureaux
4
5
6
7
8
STUDIO 2
9
WC
WC
Laboratoire
10
Salle de contrôle du studio 2
11
STUDIO 1
12
Salle B.F.
13
Bureaux
14
15
Bureaux
16
17
Bureaux
18
19
20

2. — *Le Centre de télévision de Milan.*

Le Centre de télévision de Milan est situé dans la Maison de la Radio, édifiée par la RAI, au 27 du Cours Sempione.

Dans le corps de bâtiment principal de cette Maison de la Radio on a logé deux studios de télévision (studio N° 1 et studio N° 2) cubant respectivement (9 8 × 7,5) m³ et (22 × 12 × 7,5) m³, ainsi que les salles de contrôle et les régies, un équipement d'enregistrement sur films des programmes télévisés et divers Services nécessaires à l'activité du Centre. Cet ensemble de locaux occupe environ 16 000 m² de superficie.

Une aile nouvellement construite de la Maison de la Radio, abrite le studio n° 3 (30 × 20 × 17) m³, ainsi que ses locaux accessoires, les équipements de télécinéma, cinq salles réservées à la préparation des programmes, aux magasins d'accessoires et de décors, aux ateliers de mécanique et de menuiserie, à un laboratoire de scènographie et, enfin, à tous les dispositifs de conditionnement d'air et de distribution d'énergie pour l'éclairage des locaux, avec tension réglée à ± 1,5 % pour l'éclairage ordinaire et à ± 0,5 % pour l'alimentation des équipements techniques.

Dans la partie du bâtiment principal réservée à la télévision, ainsi que dans l'aile spécialement construite pour la télévision, sont répartis, en nombre convenable, des loges et des vestiaires pour les artistes et pour les figurants, des locaux pour ouvriers tailleurs et perruquiers et pour tous autres besoins requis pour les productions théâtrales.

Dans des édifices indépendants de la Maison de la Radio, mais voisins de celle-ci, la RAI a aménagé le studio n° 4, dont les dimensions sont intermédiaires entre celles du studio n° 1 et du studio n° 2, le magasin des costumes, tout le service cinématographique, le service du « téléjournal » et celui des films de 16 mm, compris les ateliers de développement, tirage et édition.

Le studio n° 5 est situé dans les locaux du « Théâtre des Arts », dans le Parc de MILAN, assez près d'ailleurs de la Maison de la Radio.

Le studio n° 1, vu ses très petites dimensions, est normalement utilisé seulement pour les productions qui n'exigent ni de grands accessoires scèniques, ni une forte figuration d'artistes. Il est équipé de deux caméras « du Mont ». Nous dirons à ce sujet, et une fois pour toutes, que la télévision italienne a adopté le tube « Image-Orthicon » pour toutes ses émissions, tant en studio qu'à l'extérieur, et que les résultats obtenus sont excellents grâce à la qualité et à la sensibilité de ces tubes.

Les deux petites salles voisines de ce studio à l'étage supérieur sont affectées aux contrôles des caméras, aux équipements d'amplification et aux deux régies video et B.F.

Le studio n° 2, utilisé pour les émissions dramatiques ainsi que pour celles de variétés, est équipé de quatre caméras de type *General Electric Co.* Sur le même palier que ce studio, dans une petite salle adjacente, sont rassemblés les organes de contrôle des caméras, ainsi que les équipements d'amplification et de commutation des caméras, tandis que de deux petites salles de l'étage au-dessus sont affectées respectivement à la régie video

Salle de contrôle du studio n° 2

et à la régie B.F., ici séparées afin de mieux permettre le contrôle de la qualité du son et en laissant au régisseur la possibilité de donner des ordres aux « cameramen » et au personnel artistique pendant l'émission. Le pupitre de mélange du studio 2 outre le mélangeur normal, dispose aussi d'un amplificateur particulier qui permet des effets spéciaux d'accentuation ou de « dissolution ». Le pupitre de la régie B.F., comme du reste tous ceux des régies B.F., des trois autres studios, dispose de filtres spéciaux pour effets accoustiques, de tourne-disques et d'un magnétophone pour sonorisations particulières et, il sera en outre prochainement complété par un écho artificiel.

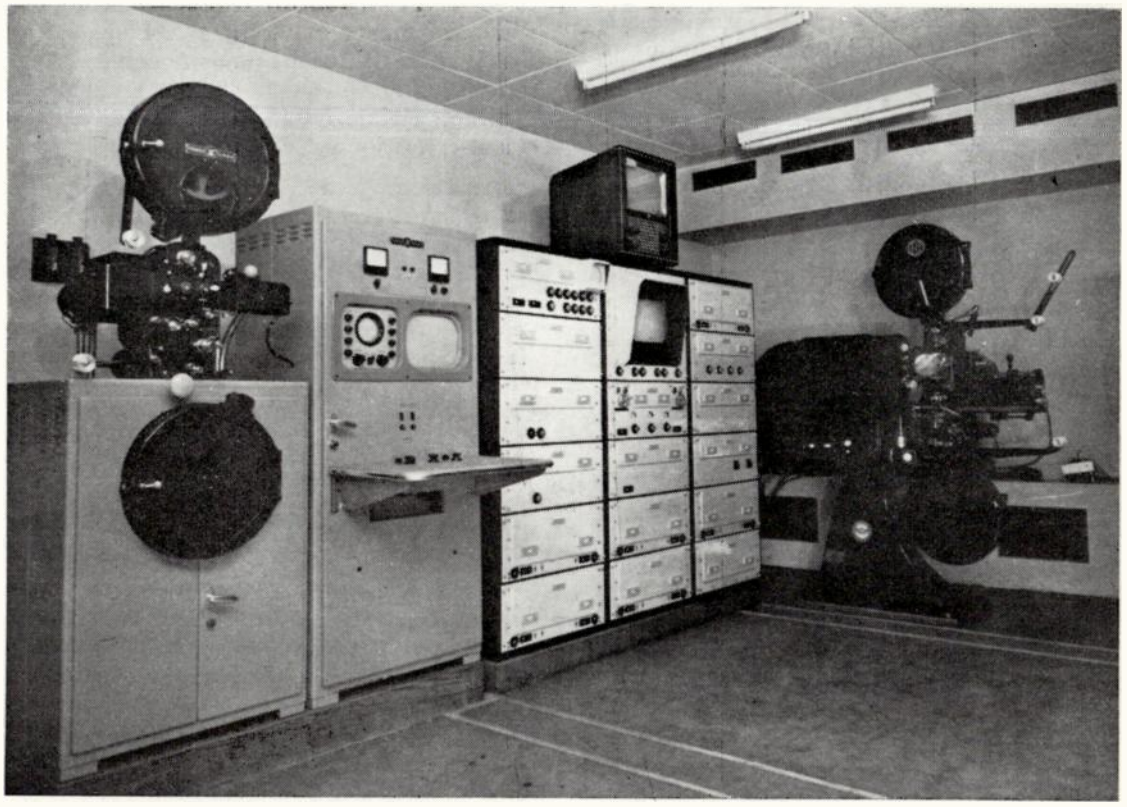
Le studio n° 3, utilisé pour les exécutions dramatiques ou lyriques, ou de variétés les plus importantes, dispose de trois caméras Marconi. Ce studio, qui a été spécialement construit en vue de la télévision, après l'expérience du premier studio de TURIN et celle des deux premiers studios de MILAN, est peut-être le plus grand et le plus moderne d'Europe. On y a particulièrement étudié le conditionnement acoustique, les ponts suspendus pour l'éclairage, le conditionnement d'air et les commodités pour tous les services auxiliaires. Attenante au studio et sur le palier est une petite salle où sont rassemblés les appareils de contrôle et les équipements d'amplification B.F. et video. A l'étage supérieur, se trouvent dans deux petites salles adjacentes les régies video et B. F.

Le studio n° 4 est doté de deux caméras Marconi et il est adjacent à des salles réservées pour le contrôle technique, pour la régie video et pour la régie B. F. Ce studio est généralement utilisé pour

Studio 1

Théâtre dell'Arte

les émissions de l'après-midi à l'usage de la jeunesse, ainsi que pour l'exécution des « rubriques spéciales ».



Equipements de télécinéma "Fernseh" et "Radio-Industrie"

Enfin trois autres caméras sont installées au « Teatro dell' Arte » qui constitue le 5e studio de MILAN. Ces caméras sont montées sur chariots roulant sur rails, afin que l'on puisse les mouvoir aisément sur la scène du théâtre et qu'il soit également possible de prendre des vues de la salle et du public. Les régies video et B.F. ont été aménagées des deux côtés de la scène. Enfin, au-dessus de l'arc qui limite l'entrée de la scène on a installé un projecteur de télévision Philips à grand écran, de telle sorte que le public admis dans la salle peut à la fois suivre l'éxécution directe de ce qui est joué sur la scène et observer en même temps la projection télévisée.

Les équipements de télévision du Centre de MILAN sont installées, comme il a été dit plus haut, dans l'aile de la Maison construite pour le studio n° 3 et ils sont rassemblés dans une salle unique, à savoir : un équipement double à 35 mm et 16 mm, un équipement simple à 35 mm (*Radio Industrie*), un appareil « Fernseh » à 16 mm, tous à « flying-spot », avec correction du gamma et réglage automatique de gain. Les projecteurs doivent être complétés par des têtes de lecture, des pistes sonores optiques. Dans la même salle sont donc installées quatre têtes sonores doubles (optiques et magnétiques) qui peuvent travailler indifféremment sur pistes sonores optique ou magnétique.

nable entre les studios, sont, en partie de construction Marconi et, en partie, de construction RAI. Ils comprennent un double équipement pour signaux de synchronisation, conformes aux normes à 625 lignes et 50 images par seconde adoptées par les nations européennes (1) et tous les équipements

Les appareils de la salle centrale des commandes, laquelle est située à un emplacement conve-

Régie video du studio n.° 3

nécessaires pour le contrôle, les mélanges et l'amplification des divers programmes provenant des

(1) Il conviendrait de dire : par "*la plupart*" des nations européennes (note du traducteur).

divers studios, du télécinéma et des liaisons hertziennes urbaines ou interurbaines. L'aménagement a été prévu pour pouvoir faire face à une augmentation éventuelle du nombre des studios ainsi que pour un service éventuel à deux programmes. Il permet de travailler sur 15 entrées (8 studios et 7 arrivées externes) et il pourrait pour chacun des

Contrôle Central

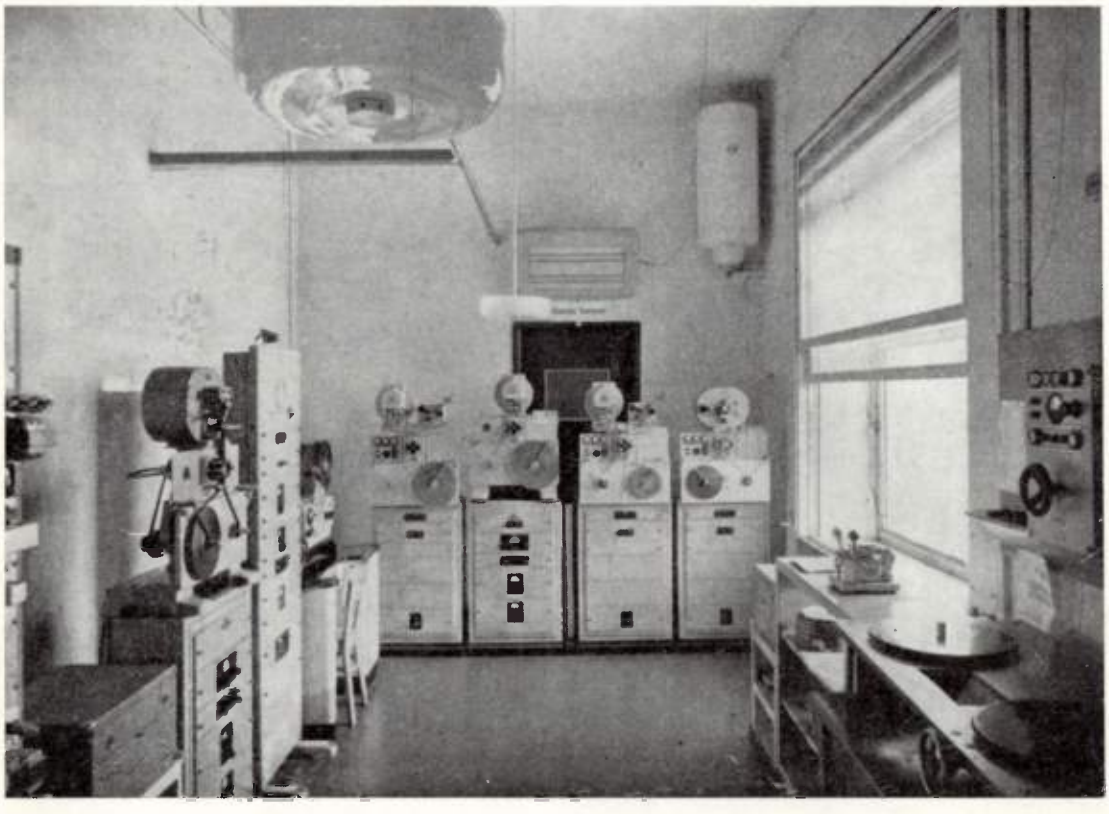
deux programmes éventuels, alimenter jusqu'à 10 sorties distinctes.

Les changements de programme sont commandés automatiquement par relais, commandés eux-mêmes à partir d'un pupitre spécial en arc de cercle, supportant un nombre convenable de « moniteurs » pour le contrôle tant des images que des signaux.

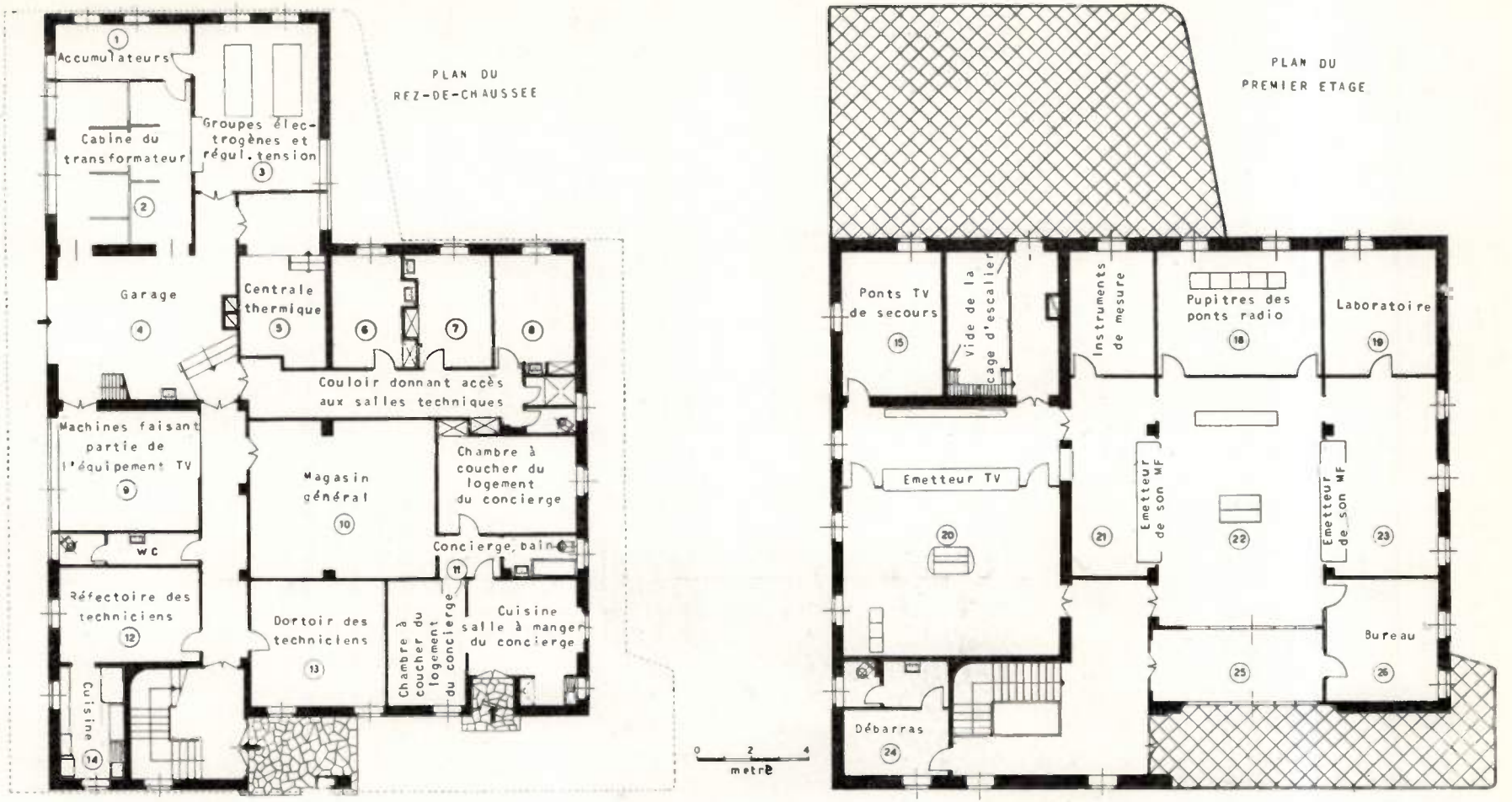
Le contrôle central comporte évidemment aussi un équipement B. F. pour le contrôle sonore des programmes transmis, mais le contrôle de la modulation audio doit cependant être effectué dans une cabine spéciale adjacente, laquelle est convenablement conditionnée du point de vue acoustique.

Au voisinage de la salle centrale des commandes se trouve l'arrivée du câble coaxial qui relie les studios avec le Centre d'émission de MILAN et avec le « Teatro dell'Arte ». C'est également à cet endroit que seront amenés les autres câbles coaxiaux utilisés par l'Administration Italienne et faisant partie du réseau national.

Le Centre de MILAN dispose, en outre, de deux équipes de reportages dotées de matériel « du Mont ». Chaque équipe possède 3 cameras et des voitures automobiles spéciales à l'intérieur desquelles sont installés, à poste demi-fixe, les appareils de mélange et de contrôle des signaux. Les camionnettes sont pourvues de conditionnement d'air et de stabilisateurs de tension. C'est par les camionnettes également que sont portés les ponts pour les liaisons video (*système Marconi*) ainsi que pour les liaisons téléphoniques (*système Marelli*). Enfin, en vue d'assurer une complète indépendance aux prises de vues extérieures on dispose de deux groupes électrogènes mobiles capables, chacun, de produire la puissance nécessaire à l'alimentation d'une équipe de travail.



Equipement d'essais sonores de la salle d'enregistrement et de doublage.



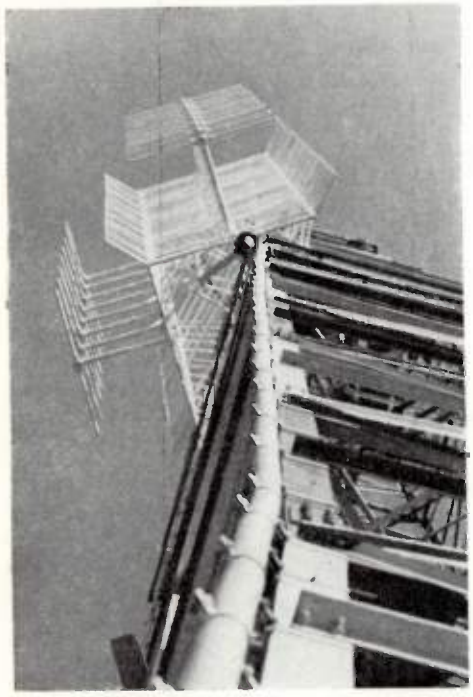
Bâtiment de l'émetteur de MONTE PENICE

(41)

Les locaux du Service cinématographique sont, comme on l'a dit, situés dans un bâtiment voisin de la Maison de la Radio. Les équipements de ce Service comportent essentiellement :

a) Un équipement de développement pour films de 16 mm, modèle « *Tecnocinema* », à chaîne double (une pour les positifs et une pour les négatifs), avec tous les accessoires pour la circulation des bains, tels que pompes et réchauffeurs.

b) Un équipement de tirage pour film de 16 mm (*modèle Debrie*) complet avec tous ses accessoires.



Antenne émettrice de Monte Penice.

c) Un équipement de montage, modèle Prévost, pourvu de deux « Moviole » de 35 mm et 16 mm.

d) Un équipement de sonorisation et de doublage, fourni par la « *Klangfilm* », de Karlsruhe, lequel permet le « mixage » et l'enregistrement, soit par voie optique, soit par voie magnétique. Une petite salle de projection, est associée à cet équipement, elle est équipée d'un projecteur Prévost de 35 mm et d'un projecteur Siemens de 16 mm. L'enregistrement magnétique est effectué sur pellicule perforée. L'équipement acoustique est complété par des tourne-disques, microphones, tables de mélange et tous autres accessoires utiles pour le doublage ou le découpage des pistes sonores pour films de 16 mm et de 35 mm.

Dans des locaux voisins on trouve une chambre noire et une cabine supplémentaire de développement, permettant le tirage et l'agrandissement de photographies. Un emplacement spécial a été prévu pour la production, à l'aide d'un appareil Kodak spécial, de graphiques animés ou d'autres dessins animés. Enfin, les opérateurs de la Section cinématographique disposent de nombreux appareils de prises de vues de types : Mitchell, Auricon, Arriflex, Paillard et Bell-Howell. Un parc automobile et un stock de lampes portatives sont à leur disposition pour la prise de films extérieurs d'actualité, tant de jour que de nuit.

Il reste à signaler que c'est sur MILAN que convergent les ponts hertziens et les liaisons spéciales du réseau de liaisons utilisé par la télévision italienne, à savoir :

— un « pinceau » bidirectionnel : MILAN, TRIVERO, BIELLESE, TURIN (équipements Marelli) fonctionnant sur 900 Mc/s;

— un pinceau analogue (équipements RCA) pour la liaison avec l'émetteur de « MONTE-PENICE » (émetteur principal de la région de MILAN), puissance vidéo de crête de 10 kW;

— un pont hertzien à ondes métriques (*équipement Siemens*) pour la liaison avec « MONTE BEIGUA », liaison avec ROME assurée aussi par un pont hertzien sur 2 000 Mc/s, système Magnalink Raytex; et enfin, les liaisons semi-fixes avec la Suisse (MONTE GENEROSA).

L'émetteur de « MONTE PENICE » dessert pratiquement toute la Lombardie. Il existe, en outre, un plus petit émetteur (*General Electric*, puissance vidéo de crête de 5 kW) pour la zone centrale de MILAN.

Pour assurer le fonctionnement de tous les équipements que l'on a mentionnés, la RAI dispose, dans la région de MILAN, de sept ingénieurs et d'environ 90 techniciens diplômés, qualifiés, tant par les règles qui ont présidé à leur sélection que par l'instruction complémentaire (théorique et pratique) que leur ont procurée les cours spéciaux organisés par la RAI.

LE COMPORTEMENT DE L'ŒIL ET LA TRANSMISSION RATIONNELLE D'IMAGES SIMULTANÉES [1]

II. — RECHERCHE DES RÈGLES PERMETTANT L'EXPLOITATION ECONOMIQUE RATIONNELLE DES « STANDARDS » DE TÉLÉVISION ACTUELS

PAR

MM.G.-A. BOUTRY, P. BILLARD, L. LEBLAN

Laboratoires d'Electronique et de Physique Appliquées

I. — *Position du Problème — Critique de la Notion de Compatibilité.*

1. — Avant de chercher à traduire les résultats exposés dans la première partie de ce travail par des règles formulées de façon utilisable en matière de transmission des informations visuelles, il est nécessaire d'examiner la situation devant laquelle se trouvent placés aujourd'hui les physiciens et les ingénieurs qui désirent contribuer par des recherches au progrès de la Télévision.

L'exploitation de la Télévision publique dans le monde existe. Elle a pris en certains pays une extension considérable, atteint presque partout une régularité remarquable. En vérité, ce développement d'une industrie, d'un moyen d'informer et de distraire nouveaux s'est fait à une cadence que les laboratoires de recherches n'ont pas toujours suivie. L'état actuel de cet ensemble, l'essentiel des normes qu'il a adopté doit être traité désormais par le chercheur qui désire contribuer à son amélioration comme des données de son problème, données qu'il n'a pas plus le droit de supposer capables de subir des bouleversements profonds et proches qu'il n'a le droit d'altérer dans leur substance les principes physiques sur lesquels il s'appuie.

De cette attitude inévitable est née la notion de « *compatibilité* »: désignée par un mot simple et qui paraît clair, elle est en vérité, complexe et vague. Quand doit-on qualifier de « compatible » (sous-entendu avec les standards actuellement exploités) un perfectionnement déterminé ? Compatible en toute rigueur le procédé qui, pour un résultat amélioré, n'entraîne ni modification de l'émetteur ni modification du récepteur, où qu'ils se trouvent. Rigoureusement incompatible le système dont l'application entraînerait la reconstruction complète des uns et des autres. Entre ces deux cas limites et sans doute asymptotiques, on comprend qu'on puisse distinguer tous les degrés : chacun se caractérise, pour l'usager et pour l'exploitant, par des modifications ou des dépenses plus ou moins acceptables, plus ou moins rentables. Cela s'entend d'une image inaltérée; mais on doit remarquer qu'il se peut faire qu'un « perfectionnement » qui, appliqué aux standards actuels procurerait certains avantages, entraîne, en cas de non modification des récepteurs, une détérioration de l'image, par exemple une perte de définition ou une diminution du rapport signal/voile de fond. Si cette détérioration est jugée imperceptible par le spectateur moyen, la compatibilité existe, sans qu'il soit nécessaire de modifier quoi que ce soit : mais cela est affaire d'appréciation toute subjective.

On ne doit pas oublier, non plus, l'aspect géographique des choses. Les régions couvertes par des réseaux de Télévision se divisent en zones desservies par un ou plusieurs émetteurs qui ne doivent pas gêner les zones voisines. Il se peut qu'un perfectionnement, inacceptable dans la zone déjà exploitée puisse être mis en service dans la zone dont l'appareillage n'est pas encore construit : il suffit alors que l'échange de programmes soit possible, entre les deux zones, sans perte visible de qualité ou de substance.

Ce n'est pas tout encore : de zone à zone, les échanges de programmes se font et se feront par câbles et surtout par faisceaux hertziens. Un procédé, un perfectionnement peut être compatible avec les standards actuels dans une telle transmis-

---

[1] Voir première partie de cette étude dans l'*Onde Electrique*, n° 332, de Novembre 1954.

sion, alors même qu'on jugera qu'il ne l'est pas pour la diffusion publique.

Comme on le voit, le chercheur qui considère les progrès à faire dans ce nouveau domaine se trouve placé dans une situation assez difficile ; non seulement il n'est pas maître de choisir ses paramètres, mais encore il n'est à aucun degré juge de la valeur pratique des travaux qu'il accomplit : cette valeur dépend de considérations, de faits et d'impondérables financiers, politiques, humains qu'il ne peut pas connaître tous et dont il ne pourrait d'ailleurs tenir sainement compte au commencement de son travail. Certes, on peut soutenir que cela est vrai de toute recherche poursuivie en vue des applications. Nulle part, cependant, ce handicap ne se fait sentir avec autant de poids.

La préoccupation universelle de ceux qui, aujourd'hui, s'intéressent aux problèmes de la télévision est d'atteindre ce qu'on pourrait appeler une « *compatibilité complète* » des diverses possibilités qu'elle nous offre : nous entendons par là l'adaptation aux moindres frais du même standard — largeur des bandes de fréquences allouées, nombre de lignes par seconde, surtout — aux besoins d'une diffusion d'images monochromes ordinaires, d'une diffusion d'images donnant l'illusion du relief, d'une diffusion d'images en couleurs. Ce sont les organismes chargés de l'exploitation des chaînes et des réseaux qui, chaque fois qu'un perfectionnement visant l'un ou l'ensemble de ces buts sera proposé, décideront, et décideront seuls de sa « compatibilité » avec les installations existantes.

II. — *Perfectionnements « compatibles » en Télévision Monochrome.*

2. — Il résulte de ce qui précède que, lorsque l'on présentera ici comme « compatible » un perfectionnement quelconque, ce ne sera que pour faciliter l'exposé des faits : il n'appartient pas aux hommes de laboratoire de juger là-dessus.

Quand on passe en revue ce que nous savons aujourd'hui du comportement de l'œil examinant un spectacle de télévision, on est frappé d'abord par le gaspillage qu'entraînent nos exigences oculaires en matière de papillotage. Les 50 trames par seconde que donnent aujourd'hui tous les systèmes exploités en Europe représentent à peu près un minimum, en télévision monochrome, alors que la diffusion d'une douzaine d'images par seconde suffit à fournir un spectacle animé correct : le rapport entre ces deux nombres est de 4.

Pratiquement, après l'avoir réduit à 2 en transmettant dans chaque trame la moitié seulement des lignes formant « l'image » complète, désespérant sans doute de pousser plus loin l'économie d'information, on fixa un peu partout dans le monde la largeur des bandes de fréquences allouées, pour chaque standard choisi, à la diffusion d'un programme visuel. La largeur adoptée définitivement en France est aujourd'hui légèrement inférieure à 10 Mc/s.

Cette décision prise et l'exploitation commencée, il est désormais vain de chercher de nouvelles réductions. La seule façon dont nous puissions profiter du fait que la cadence de transmission des images employée actuellement est à peu près double de celle qui pourrait suffire à la restitution du spectacle animé consiste évidemment à *essayer de transmettre, dans une bande de fréquence unique, deux images analysées toutes deux conformément aux standards actuels.* La seule possibilité physique qui s'offre pour le faire, puisque le nombre de trames ne saurait être abaissé beaucoup, consiste à ne placer sur chaque trame d'une des deux images que le quart du nombre total d'éléments séparables par l'œil dans l'image complète : chaque image complète sera restituée en quatre trames, la durée totale du processus étant alors de 1/12,5 secondes (1/15 seconde dans les régions équipées à 60 trames/sec.).

Avant d'examiner les moyens possibles de le faire (Cf § IV), il convient d'abord de savoir ce que l'œil exigera, au cas où une telle transmission ne serait pas possible en toute rigueur sans pollution réciproque des deux spectacles transmis. L'étude rapide de la diaphotie qui a été faite dans la première partie de ce travail permet de donner la réponse à cette question sous la forme d'une règle simple :

La diaphotie admissible pour l'œil dans le cas de transmission simultanée de deux images monochromes indépendantes est une fonction régulièrement croissante de la luminance polluable, son niveau tolérable atteignant 20 *à* 25 *dB quand cette luminance est de l'ordre de* 30 *nits, descendant à* 45 *dB dans les noirs.*

Appelons L_1 et L_2 les luminances que doivent engendrer les deux signaux « simultanés » à un moment donné de la transmission. La recherche des solutions radio-électriques du problème posé consiste soit à imaginer des systèmes dans lesquels la diaphotie est nulle, soit des systèmes dans lesquels la diaphotie est une fonction convenable de la forme $f(L_1 \times L_2)$, soit encore des systèmes dans lesquels la diaphotie sur *L1* sera une fonction convenable de la forme $\varphi\left(\frac{L_1}{L_2}\right)$, tandis que la diaphotie sur *L2* serait exprimée par une fonction symétrique $\varphi\left(\frac{L_2}{L_1}\right)$.

Le succès d'une telle recherche — la « compatibilité » des ses résultats — permettrait de doubler la capacité utile de diffusion ou de transport d'images d'un émetteur ou d'un câble; il fournirait une solution correcte du problème de la diffusion des images stéréoscopiques, la seule qui assurerait, quelles que soient les irrégularités de propagation, l'obtention d'une illusion de relief *stable* et complète. Nous appellerons, dans la suite « *systèmes à double programme* » ceux qui vérifient la règle que nous venons d'énoncer. Il est peut-être utile de souligner que, bien qu'un système à double programme appliqué aux standards actuels divise par 2 le nombre d'images *complètes* transmises

par seconde pour chaque programme, le mouvement des objets et des figures animées y est reproduit, comme dans un système ordinaire, par un nombre de « photographies instantanées » qui n'a pas varié : même si la cadence de transmission baissait au-dessous de 12,5 images par seconde, il n'y aurait pas encore détérioration dans la reproduction du mouvement.

III. — *Télévision en couleurs. — Règles pratiques pour la restitution correcte du spectacle coloré.* —

3. — Le développement d'un système de télévision en couleurs compatible avec les standards actuels a fait l'objet d'un imposant ensemble de recherches publiées par des ingénieurs qui, sauf de très rares exceptions, appartiennent tous à des institutions américaines. Nous ne chercherons pas ici à résumer ces travaux dont la diffusion en France a été suffisante; le lecteur pourra comparer leurs conclusions avec les règles qui suivent et par lesquelles nous cherchons à exprimer les conditions à réaliser pour obtenir la reproduction physiologiquement correcte d'un spectacle coloré. Comme on va le voir, la plupart de ces règles se bornent à traduire en langage radioélectrique les résultats obtenus dans la première partie de ce travail. Tous les énoncés supposent que le spectacle est reproduit par synthèse trichrome additive. Les primaires choisies pour la restitution sont supposées inchangées.

4. — « *Définition* » *dans le spectacle coloré.* Soit $\Delta\alpha$ le diamètre apparent du plus petit détail séparable en tous points de la restitution d'un certain spectacle de télévision monochrome (noir et blanc) du type actuel, dans les meilleures conditions d'examen. Fixons à $L = 30$ nits la luminance maximale du blanc. Soit n le nombre de trames transmises par seconde, N le nombre de lignes balayées dans le même temps. Transformons maintenant ce spectacle en spectacle coloré (incomplet), que nous restituerons en superposant une composante verte et une composante rouge seules. Pour chaque composante, n et N sont les mêmes que précédemment. Dans la restitution obtenue, la luminance maximale est restée égale à L. Dans ces conditions, une condition nécessaire pour que la « définition » en tous points du spectacle soit restée inchangée est que $\Delta\alpha$ soit séparable respectivement dans les composantes rouge et verte de la restitution. (Cf. L'œil et le spectacle de télévision, IV. 13 4°). Nous pouvons donc traduire :

Première règle. — *Soit Bo la largeur du canal de fréquences occupé par le signal qui, appliqué à l'appareil reproducteur engendre une restitution monochrome contenant M éléments séparables. Dans les conditions posées, pour que la restitution colorée contienne le même nombre d'éléments séparables non détériorés, il est nécessaire que chacun des deux signaux qui, appliqués au reproducteur, engendreront les composantes verte et rouge de la restitution, occupe un canal de fréquences de largeur Bo.*

On verra plus loin qu'il ne serait pas correct de déduire de cette règle que la transmission de l'ensemble V + R des composantes verte et rouge du spectacle à restituer doit occuper, dans les conditions spécifiées, une bande de fréquence de largeur 2 *Bo*.

5. — Pour formuler une règle relative à la largeur du canal de fréquences que doit occuper le signal bleu B, on ne peut plus se contenter de traduire les résultats obtenus : force nous est de les interpréter : dans la composante bleue d'une image colorée formée à la luminance maximale de 30 nits, la limite de séparation $\Delta\alpha$ varie, suivant la position du point figuratif de la teinte transmise sur le triangle des couleurs entre des valeurs minimales limites 3 1/2 et 20 plus fortes que pour les deux autres primaires. La plus faible de ces valeurs correspond aux teintes très sombres, la meilleure, aux teintes dont la restitution s'approche de la luminance maximale. Nous savons que l'attention du spectateur se porte sur les régions de luminance élevée ; ce sont elles qu'il scrute: nous savons aussi que, lorsqu'il n'en est pas ainsi, la durée de l'examen que le spectateur pourra faire ne lui permettra pas, en général, de retrouver dans le spectacle tous les éléments séparables qui s'y trouvent et qu'il y aura même des cas (effets de nuit) où l'impression psychologique produite sur lui ne sera correcte qu'à la condition que la limite de séparation réellement obtenue soit plus mauvaise que la luminance de la reproduction ne le permettrait. *En toute rigueur, on peut dire que la largeur de la bande nécessaire à la transmission du signal bleu qui contribuera à une restitution colorée sans détérioration est variable suivant le spectacle choisi, et à tout moment de ce dernier.*

Une telle proposition n'ayant aucune signification pratique, avant de formuler une règle, même vague, nous avons voulu exécuter quelques expériences complémentaires sur des spectacles colorés réels restitués par des moyens de la Télévision. Une soixantaine de spectateurs (presque toujours ingénieurs ou professionnels en visite au laboratoire) ont examiné des « images » en couleur obtenues comme il est dit ci-dessous (fig. 1).

Un lecteur d'image du type « flying-spot » engendrait les trois composantes du spectacle à partir des trois clichés élémentaires d'une reproduction photographique trichrome. Les trois signaux obtenus étaient amplifiés séparément à l'aide d'amplificateurs à large bande. Des filtres passe-bas fixes limitaient les bandes allouées à V et R à la même largeur B ; des filtres (et des lignes à retard de correction) ajustables limitaient la bande offerte au signal bleu à une valeur $B' \leq B$. A la réception les trois signaux sont appliqués à trois oscillographes cathodiques de projection; les systèmes de balayage sont synchrones, la restitution se fait sur un écran de 1 m. de diagonale ; la luminance maximale pouvait atteindre 50 nits.

Les expériences consistaient à faire examiner aux spectateurs un ou quelques spectacles donnés, réalisés par cette méthode de restitution simultanée, la largeur de la bande B' étant graduellement diminuée. On voit que le canal B' était fort mal utilisé; le synchronisme du balayage, que nous nous étions imposé pour restreindre nos expériences à des conditions sûrement compatibles sans complications donnait à la restitution de la composante bleue une structure gravement anisotrope lorsque $B' < Bo$. On a opéré avec des largeurs de bande B comprises entre 2 et 5 Mc/s, le nombre de trames transmises simultanément étant uniformément 50 par seconde, le nombre des lignes variant de 405 à 625 lignes par image. On n'a pu faire d'expériences à 819 lignes, la bande passante apparente de l'ensemble étant limitée à des valeurs trop basses par la finesse du spot reproducteur des oscillographes de projection employés.

Les résultats se résument très simplement : *dans tous les cas expérimentés, tant que $B' < Bo/10$, aucun des spectateurs n'a spontanément signalé un effet quelconque dû à la limitation de la bande allouée à la primaire bleue*, même lorsque le spectacle contenait des proportions importantes de teintes voisines de l'extrémité bleue du triangle des couleurs reproductibles. Dans le domaine $\frac{B_0}{10} > B' > \frac{B_0}{20}$, une faible minorité de spectateurs (de l'ordre de 10 %) signale non une perte de définition, (qui n'a été décelée dans aucun cas) mais l'apparition d'aberrations colorées au voisinage des contours séparant des régions à forte luminance et des régions à faible luminance (franges bleues de contour). L'existence de cet effet était géométriquement évidente; *ce qui ne l'était pas, c'est qu'il ne se soit trouvé aucun spectateur pour le déclarer intolérable ou même simplement gênant.*

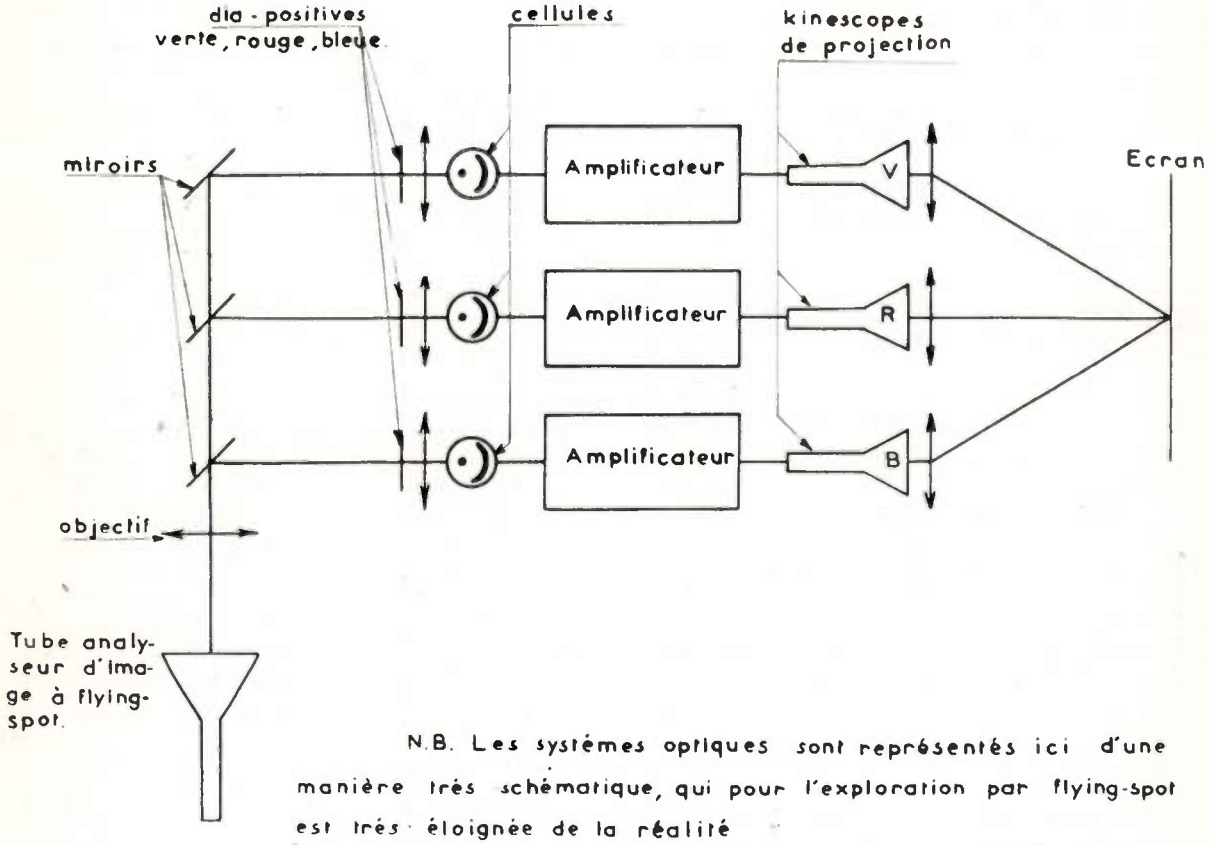


FIG. 1

Il ne paraît donc pas abusif d'écrire :

Deuxième Règle. — *Dans les conditions où la règle I est valable et satisfaite la restitution colorée contient toujours M éléments séparables non détériorés quand la largeur du canal de fréquences occupé par le signal qu'engendre la composante bleue de la restitution est de l'ordre de $\frac{B_0}{10}$; on n'introduit pas de détérioration gênante quand cette largeur tombe à l'ordre de $\frac{B_0}{20}$*

(1) Pour que le signal résultant soit proportionnel à la luminance, il conviendrait d'ajouter au dosage $\alpha R + \beta V$ défini ci-dessus une proportion adéquate γB des hautes fréquences existantes dans le signal bleu ; la présence ou l'absence de cette addition, préconisée par les auteurs américains, ne joue pas de rôle dans les raisonnements qui suivent.

6. — *Critique de l'artifice des « Mixed-Highs »*. — La règle 1 n'est-elle pas exagérément stricte ? De même qu'on l'a constaté à propos de la primaire bleue, des économies judicieuses faites dans la transmission des primaires V et R ne peuvent-elles se borner à engendrer des aberrations colorées pratiquement à peine discernables sans produire « de perte de définition » ? Deux façons de faire se présentent: nous examinerons la première seulement nous contentant de citer la seconde.

Soit B_0 la bande correspondante à la pleine définition de M éléments séparables. Allouons aux primaires R et V respectivement des bandes de largeur $B = B_0 - \Delta B$; la définition baisse ; reprenons les composantes de fréquence élevée des primaires R et V qui n'ont pu trouver place dans les bandes *Bo*. Mélangeons les en affectant leurs amplitudes de coefficients proportionnels à la luminosité de chaque primaire : la bande occupée par cet ensemble n'a qu'une largeur ΔB. (1)

Supposons qu'aucun autre artifice n'ait été utilisé, et que, par exemple, V et R soient transmis de façon continue et simultanément. La largeur totale de bande occupée par l'ensemble V + R avec son « mélange de hautes fréquences » (mixed-highs) est maintenant $2B_0 - \Delta B$; l'économie de bande par rapport à la transmission conforme à la règle 1 est donc donnée par :

$$\delta = \frac{\Delta B}{2B_0}$$

Il semble qu'on puisse tenir compte de cette façon de la décroissance du nombre de chromaticités discernables sur un détail du spectacle lorsque, sa luminance et sa teinte restant constantes, le diamètre apparent sous lequel il est vu diminue (Cf. — L'œil et le Spectacle de Télévision, IV, 16). L'un de nous, utilisant l'appareillage de transmissions simultanées qui vient d'être décrit, a exécuté à ce propos des expériences systématiques qui ont servi à guider la critique très simplifiée qui va suivre (2).

L'artifice, pour présenter de l'intérêt, doit être appliqué à une bande ΔB suffisamment large. Le résultat expérimental essentiel est que, même quand ΔB représente une fraction importante de *Bo*, les aberrations colorées qui apparaissent au voisinage des contours n'étaient en pratique jamais insupportables ; pour fixer les idées, les spectateurs se sont le plus souvent déclarés satisfaits à ce point de vue d'une reproduction colorée (525 lignes, 50 trames par seconde) dans laquelle la bande réservée à chaque signal coloré était réduite à 0,5 Mc/s, une bande commune de 3,5 Mc/s étant occupée par la somme « mixed-highs ». Négligeons donc l'existence de ces aberrations dans la suite.

Soit $\Delta\alpha_0$ le plus petit diamètre apparent discernable sur l'écran lorsque chaque signal occupe la bande *Bo*. Appelons $\Delta\alpha_c$ un diamètre apparent tel que :

$$\Delta\alpha_c = \Delta\alpha_0 \frac{B_0}{B_0 - \Delta B}$$

Il est clair que $\Delta\alpha_c$ est un seuil : tous les détails présentés dans le spectacle sous un diamètre apparent nettement supérieur à $\Delta\alpha_c$ seront vus avec un contraste de couleur et un contraste de luminance tous deux corrects ou à peu près. Tous les détails vus sous un diamètre apparent inférieur à $\Delta\alpha_c$ *auront une reproduction monochrome, sans aucun contraste coloré;* Or, le signal de mixed-highs ne contient de structure que s'il reste un contraste de luminance. Dans le cas concrétisé ci-dessus $\Delta\alpha_c$ vaut 7 $\Delta\alpha_0$ Deux exemples simples vont expliquer ce qui se produit :

Un match de football est joué par deux équipes dont les maillots ont des rayures bicolores de 20 cm de large. Le match se passe en plein soleil de printemps, à luminance apparente très élevée. Les pouvoirs diffusants des couleurs choisies sont tels que *seul le contraste coloré existe sur les maillots* (cas rare). Dans ces conditions, la limite de séparation du spectateur est, comme nous l'avons déjà vu, très peu éloignée de sa valeur optima. Que verra le téléspectateur ? Quand la distance des joueurs à la caméra, la distance focale de l'objectif choisi, sa propre position par rapport à l'écran seront telles que les rayures aient pour lui un diamètre apparent nettement supérieur à 7 minutes (spectateur réel situé à moins de 45 mètres des joueurs), les maillots seront restitués correctement sur son écran. Au contraire, si le diamètre apparent des rayures descend à l'ordre de 4 minutes par exemple (spectateur réel situé à 166 m. des joueurs) les rayures disparaissent complètement et tous les maillots prennent des teintes uniformes qui dans certains cas rendent les joueurs indiscernables les uns des autres.

Supposons maintenant que les maillots rayés fournissent à la fois un contraste de luminance et un contraste de couleur : alors les maillots des joueurs sur l'écran de télévision sont toujours vus rayés; les rayures sont colorées pour les joueurs rapprochés (ou examinés au téléobjectif) : elles sont monochromes pour tous les joueurs suffisamment éloignés de la caméra. De tels effets ne sont pas ceux auxquels s'attend le spectateur qui n'acceptera pas ces virages colorés et ces évanouissements des structures périodiques lorsqu'ils lui sont montrés dans des circonstances où son expérience lui apprend que cette illusion ne devrait pas se produire; on doit se souvenir du paradoxe suivant : bien que la luminance maximale de l'écran du téléspectateur soit limitée à des niveaux bas comparés à ceux qu'atteint souvent le spectacle à reproduire, *le contenu colorimétrique* de la restitution ne doit pas être abusivement simplifié.

Sans vouloir prolonger cette discussion, on conçoit que l'artifice des « Mixed-Highs » ne reste

(2) L. Le Blan. — Etudes sur le procédé des « Mixed-Highs » en Télévision en Couleurs. — Rapport non publié.

(3) Voir par exemple B.D. Loughlin. *P.I.R.E.*, 39, p. 1264, 1951.

acceptable que pourvu qu'on n'exagère pas l'économie. Un cas souvent cité dans la littérature américaine (3) comme convenable en général est le suivant :

(525 lignes, 60 trames/sec) $B_0 = 4$ Mc ; $\Delta B = 2{,}5$ Mc. Dans ces conditions, on voit $\Delta\alpha_c = \Delta\alpha_0 \times \frac{4}{1{,}5} = 2{,}7\ \Delta\alpha_0$ et le domaine dans lequel les structures périodiques peuvent être entachées de reproductions fausses est sensiblement contracté; bien entendu, l'économie réalisée sur la bande de fréquence utilisée est réduite dans les mêmes proportions.

On comprend qu'une économie de bande pourrait aussi être réalisée par des moyens radioélectriques très simples en transmettant les signaux destinés à restituer la composante rouge de l'image, par exemple, dans une bande de fréquence un peu moins large que la bande réservée à la composante verte : un raisonnement très analogue à celui qui vient d'être fait reste valable dans ce cas.

Aucune appréciation de caractère scientifique ne peut être portée sur le procédé des mixed-highs : l'emploi ou le rejet de cet élégant artifice est affaire d'appréciation subjective : l'exploitant et son public sont seuls juges. L'ingénieur exigeant incline à chercher ailleurs une « économie de bande » qui ne produise pas ces apparences : nous savons déjà où il peut la trouver.

7. — *Les niveaux de transmission des primaires.* — A quel niveau au-dessus du bruit de fond doit être appliqué au reproducteur le signal qui fournit la luminance maximale de la primaire qu'il représente ? Le tableau V de l'exposé cité (4) et les développements qui l'accompagnent donnent la réponse :

Troisième Règle. — *Une reproduction colorée correcte est assurée quand la primaire rouge et la primaire verte sont toutes deux transmises par des signaux dont la valeur maximum est située à* 30 *ou* 35 *dB au-dessus de l'ensemble formé par le bruit de fond et les pollutions par les autres primaires. La reproduction des teintes de haute luminance reste acceptable même si ce niveau se situe entre* 20 *et* 25 *dB.*

Quatrième Règle. — *Le même résultat est obtenu quand la primaire bleue est transmise par des signaux dont la valeur maximale est située à* 15 *ou* 20 *dB au-dessus de l'ensemble bruit de fond-pollution. Toutefois la reproduction du bleu pur et des teintes très voisines exige l'absence d'éclairements parasites produits soit par des sources extérieures, soit par les primaires verte et rouge* (en d'autres termes, le spectacle devra être observé dans l'obscurité et les wehnelts des oscillographes fournissant les composantes verte et rouge de l'image devront être réglés de façon à rendre le bruit de fond indiscernable sur ces composantes).

On peut résumer ces règles en disant que les exigences maxima pour le niveau de transmission des signaux ne sont pas plus sévères pour la télévision en couleurs que pour le spectacle monochrome actuel, en ce qui concerne les primaires V et R; elles le sont beaucoup moins pour la transmission de B. Encore faut-il ajouter que l'œil accepte sans peine des pollutions colorées souvent beaucoup plus importantes que celles que nous avons admises dans nos calculs.

Soit S la puissance du signal reproduisant V ou R et correspondant à la luminance maximale. Il est instructif de chercher, compte tenu de ce qui précède, à quel niveau au-dessous de S se situe le signal « bleu » S' correspondant à la luminance maximale de cette primaire, pour que la reproduction correcte soit encore assurée en l'absence de pollution par les autres primaires. Le calcul est immédiat :

Appelons w la puissance de bruit dans l'un des signaux correspondant aux primaires R ou V. Posons :

$$k = \frac{S}{w} \qquad w = \frac{S}{k}$$

Soit Bo la largeur du canal de fréquence utilisé pour V ou R. Le canal utilisé pour le signal bleu a une largeur :

$$B' = \frac{B_0}{n} \qquad n \gg 1 \text{ (compris entre 10 et 20)}$$

La puissance de bruit dans ce canal est donc seulement :

$$w' = \frac{w}{n} = \frac{S}{kn}$$

et, comme nous voulons obtenir que $\frac{S'}{w'} = k'$, on voit que :

$$\frac{S}{S'} = \frac{kn}{k'}$$

Posons : $k = 3160$ (35 dB)

$k' = 100$ (20 dB; Cf règles III et IV) (5)

il vient (règle II) :

pour $n = 10$: $\frac{S}{S'} = \frac{3160 \times 10}{100} = 316$ (25 dB)

pour $n = 20$: $\frac{S}{S'} = \frac{3160 \times 20}{100} = 632$ (28 dB)

(4) L'Œil et le spectacle de Télévision, III, 10, *Onde Electrique*, Novembre p. 830.

(5) Les photométristes comprendront sans peine que ces nombres sont les carrés des rapports des luminances portées dans le tableau V ; en effet la luminance d'un kinescope varie proportionnellement à la tension du signal tandis que l'énergie nécessaire à la transmission est proportionnelle au carré de cette tension.

(6) Bien entendu, les rapports des tensions de signal ne sont que :

pour $n = 10$ $\left(\frac{S}{S'}\right)^{1/2} = 17{,}8$

pour $n = 20$ $\left(\frac{S}{S'}\right)^{1/2} = 25{,}1$

Mais ce sont les niveaux de puissance qui nous intéressent ici.

8. — Peut-on résumer sans trop les déformer, en une phrase simple les conclusions de cette longue étude ? Nous avancerons l'énoncé ci-dessous :

La restitution du spectacle coloré est pour l'opticien un problème à 3 paramètres, dans lequel les primaires verte et rouge d'une part, bleue d'autre part, jouent des rôles très différents. Pour l'ingénieur radioélectricien, la transmission des signaux permettant une restitution correcte est, en première approximation, un problème à 2 paramètres, dans lequel les primaires verte et rouge sont traitées symétriquement alors que la primaire bleue peut se contenter d'un canal beaucoup plus étroit (10 à 20) *et d'un niveau de puissance beaucoup plus bas* (300 à 600) *que les deux autres* (6).

IV. — *Recherche de la « Compatibilité complète ».*

9. — Bien que ces conditions rejoignent, en certains de leurs énoncés, les principes sur lesquels paraissent reposer beaucoup des recherches publiées sur la télévision en couleurs, on voit que, dans leur ensemble, elles suggèrent diverses voies d'attaque différentes du problème qui consiste à proposer un système de Télévision en Couleurs à la fois correct et compatible avec les standards existants : pouvons-nous concilier les exigences résumées dans les quatre règles gouvernant la restitution correcte du spectacle coloré avec celles que pose la règle donnée pour la transmission de deux images quelconques dans un « canal de fréquences » unique ? Nous n'examinerons qu'une classe de solutions :

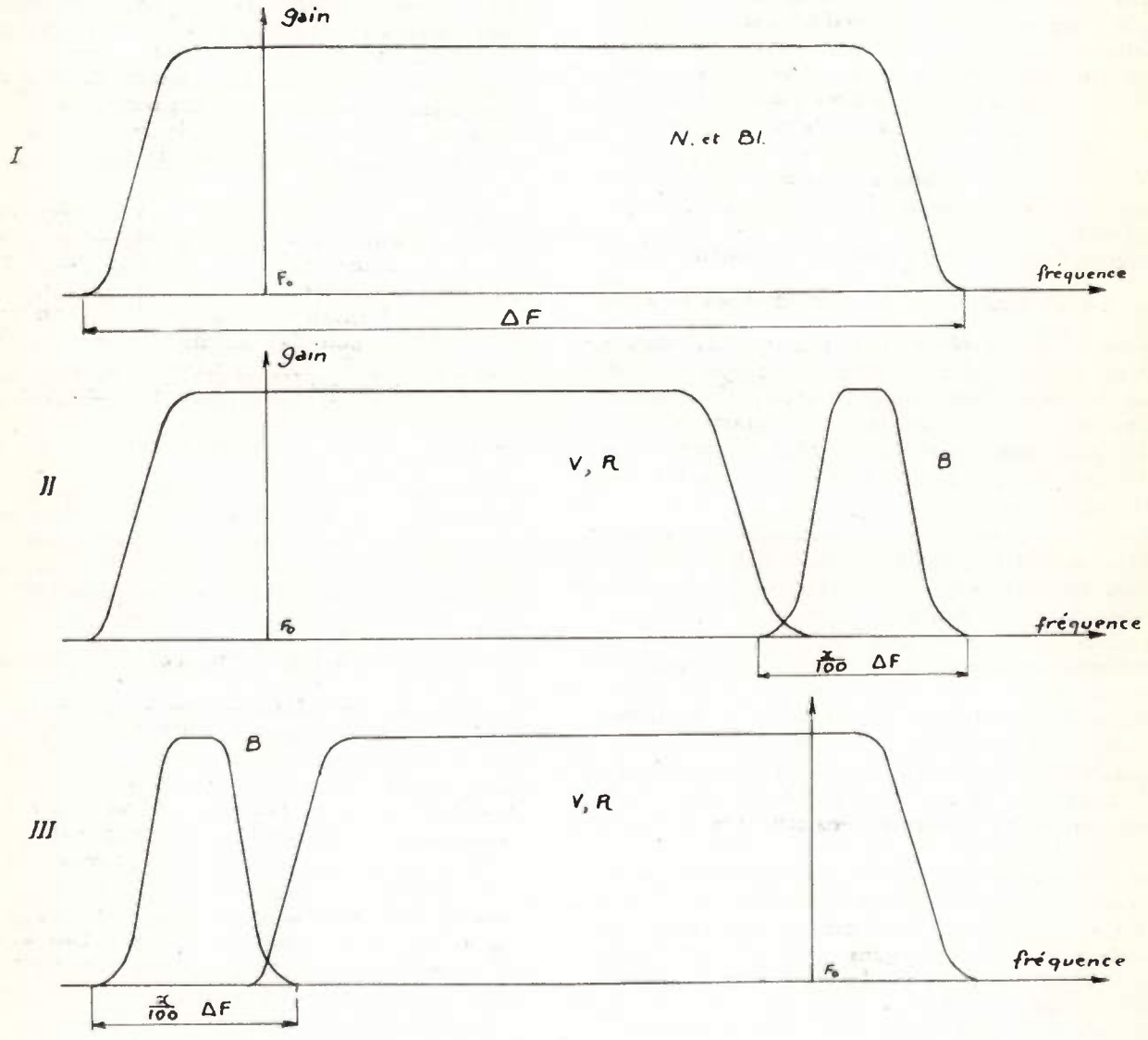


FIG. 2.

Tout système « à double programme » est capable de transmettre de façon entièrement correcte (c'est-à-dire fournissant à l'œil de l'observateur une restitution de définition, de contraste, de couleur non détériorés) *dans la bande allouée à la transmission monochrome actuelle les deux composantes primaires V et R d'un spectacle coloré.*

On comprend que la transformation d'un système à double programme en système transmettant les deux composantes V et R d'une image en

couleurs n'impliquera aucun changement à apporter aux circuits d'émission ; il suppose seulement une manœuvre ou un dispositif permettant au récepteur de recevoir en même temps les deux « images ». Pour que les transformations à apporter au récepteur se réduisent à ces dispositions, il faut et il suffit que le nombre de lignes et le nombre de trames transmises par seconde soit resté invariable dans la transformation. Dans ces conditions une image complète V + R est reproduite en quatre trames successives. Si la théorie naissante de la transmission des informations avait été dotée d'un chapitre visuel de doctrine suffisamment ferme, nous pourrions avancer que la vitesse de transmission de l'information dans le canal de fréquence utilisé est constante, mais qu'on transmet en même temps deux séries d'informations distinctes, chacune à la vitesse moitié de la vitesse totale : on n'a pas augmenté la capacité mathématique de transport du « canal de fréquences utilisé » (7) on a pourtant doublé son efficacité visuelle, en supprimant les « informations » excédentaires.

Dans le cas de la télévision en couleurs, la diaphotie de forme kv ou $k\int v\,dt$ entre les deux composantes V et R détériore la restitution du contraste coloré, et lui seul : les deux « images » V et R sont géométriquement superposables. Il en résulte qu'un système de télévision qui transmet de façon *jugée* suffisante ces deux « images composantes » n'est pas *ipso facto* capable d'être transformé en système à double programme.

10. — Restreignons notre recherche aux systèmes qui satisfont aux conditions qu'on vient de poser. Reportons-nous aux résultats obtenus dans l'étude du papillotage d'une reproduction colorée: imaginons, pour simplifier, qu'il s'agit de reproduire une teinte plate de coordonnées colorimétriques x_0 et y_0 : nous voyons que, pour des luminances de l'ordre de 30 nits, la cadence de transmission des trames étant de 50 à 60 par seconde, le papillotage ne sera évité que si les coordonnées colorimétriques x' , y' des teintes restituées par chaque trame successive s'écartent très peu, sur le triangle des couleurs reproduites, de x_0, y_0. En d'autres termes, les systèmes « à séquence simple de trames », dans lesquels se succèdent sur l'écran, l'une après l'autre, des trames monochromes de coordonnées colorimétriques bien distinctes sont placés, *ipso facto*, hors du domaine de notre recherche : c'est le cas en particulier des *séquences de trames primaires* Rouge/Vert : *la recherche ne peut s'attacher qu'aux systèmes de trames « monochromes » ou « quasi-monochromes », du type* $\alpha R + \beta V \,/\, \alpha' R + \beta' V$, *avec* $\alpha \simeq \alpha'$, $\beta \simeq \beta'$.

Reste la composante bleue du spectacle, dont nous ne nous sommes pas préoccupés jusqu'ici: c'est encore l'examen des résultats obtenus dans l'étude du phénomène de papillotage qui nous apprend que les signaux qui l'engendrent peuvent être distribués dans le temps de restitution d'une image complète avec une grande liberté. Même quand la primaire bleue existe seule sur l'écran, la fréquence critique de papillotage en ce qui la concerne est de l'ordre de 25 à 30 éclairs par seconde : c'est-à-dire que des systèmes de trames quasi-monochromes du type $\alpha R + \beta V + \gamma B \,/\, \alpha' R + \beta' V$ dans lesquels une trame sur deux contient du bleu peuvent convenir.

11. — Il serait sans profit — et fort long, car les artifices de transmission radioélectriques qu'on peut mettre en œuvre sont nombreux — d'examiner systématiquement toutes les variantes qui pourraient satisfaire aux exigences formulées ci-dessus : nous ne mentionnerons ici aucun procédé concret, et pour éviter toute complication du raisonnement, nous admettrons que la transmission du bleu est réalisée dans une étroite bande de fréquences distincte de la bande réservée à la transmission des deux autres primaires.

Soit (fig. 2) ΔF la largeur du « canal de fréquences » alloué pour la transmission d'un spectacle monochrome (noir et blanc) selon un standard actuel. Dans un système répondant aux règles que nous avons formulées, et avec la concession simplificatrice faite pour la transmission du bleu, l'utilisation de ΔF correspondra à l'un des deux schémas II ou III de la figure : une bande de largeur $\frac{x}{100}\Delta F$ (x de l'ordre de 10) sera réservée à la transmission du bleu ; le signal transmis dans cette bande n'est pas nécessairement présent pendant toute la durée de toutes les trames; le nombre de lignes balayées pendant la restitution de la composante bleue du spectacle peut être plus faible que celui qu'utilise le standard actuel.

Le reste de la bande, de largeur $\frac{100 - x}{100}\Delta F$ est utilisé pour la transmission des signaux correspondant aux composantes Verte et Rouge du spectacle à restituer. Dans chaque trame les deux signaux sont présents, *utilisés de façon telle que la répartition sur l'écran des luminances qui leur correspondent ne produit d'alternance de couleur à la fréquence de répétition des trames que dans des domaines dont une dimension linéaire au moins, ou les deux, reste de l'ordre de grandeur de la limite de séparation de l'œil d'un observateur normal convenablement placé pour voir l'écran sous l'angle de champ qui lui est habituel* : ces domaines seront donc des « lignes » ou des segments de ligne de longueur théoriquement quelconque. Si l'artifice de transmission employé est tel qu'il en résulte une économie, une fraction $\frac{y}{100}\Delta F$ de cette bande pourra être affectée à la transmission d'un signal unique formé du mélange des plus hautes fréquences de R et de V. Pourvu que y ne soit pas choisi trop grand, il est indifférent d'ajouter au mélange les fréquences élevées du bleu qui n'avaient pas trouvé place dans la bande étroite réservée à la transmission de celui-ci.

Dans la rédaction de ce travail, nous avons sys-

(7) Il est peut-être utile d'ajouter ici que, à notre connaissance, une telle augmentation n'a jamais été réalisée par personne, bien que l'on trouve dans la littérature la description de nombreux artifices imaginés pour y parvenir.

tématiquement évité de nommer « image » la restitution du spectacle fournie par la Télévision : c'est que cette restitution n'a pas, en effet, les propriétés que les opticiens confèrent à l'image ; le spectacle restitué possède toujours une *structure* qui n'existe pas dans l'original : c'est aujourd'hui l'étalement de lignes horizontales, familier à tous, fortement anisotrope. Etant donnée la présence ici, dans une bande unique, pendant la durée de la même trame, de deux signaux indépendants, tous les radioélectriciens comprendront immédiatement que, *quels que soient les artifices de transmission adoptés, les systèmes possibles répondant aux règles que nous avons posées donneront des restitutions dont chaque trame aura une structure différente de la structure des trames d'une restitution fournie par le « standard » actuel. De même que celle-ci, ces structures ne pourront disparaître de la restitution qu'au prix d'une perte de définition.* Il semble bien que cette règle soit générale : elle est le prix de la « compatibilité ». Le choix de la structure la plus acceptable pour l'observateur, l'étude de la visibilité de ces structures superposées, des artifices permettant d'améliorer l'aspect de l'image, au prix de concessions pas trop flagrantes sur la définition et sur la diaphotie : tels seront les problèmes essentiels qui se poseront aux ingénieurs spécialisés.

12. — Nous terminerons cet exposé par l'examen rapide de deux cas limites, très simples ; cela permettra de préciser les remarques qui précèdent.

A. — L'artifice de transmission adopté, unique, consiste à faire alterner les signaux primaires V et R *avec* les lignes successives de chaque trame (*Système à séquence de lignes binaire*). La figure 3, qui représente le départ du balayage pour quatre trames successives dispense d'exposer plus amplement ce qui se passe.

Si rien d'autre n'est changé dans la transmission par rapport aux normes actuelles, il est clair que le système satisfait aux conditions posées et peut transmettre une image en couleurs ou deux images indépendantes (double programme) ; il n'est entaché dans son principe, d'aucune diaphonie, car la commutation R — V — R — V, etc... se fera pendant les temps morts consacrés au retour du ou des pinceaux électroniques des oscillographes reproducteurs. Il est clair aussi que quelque chose a changé dans la structure de la restitution et que l'anisotropie de celle-ci a augmenté.

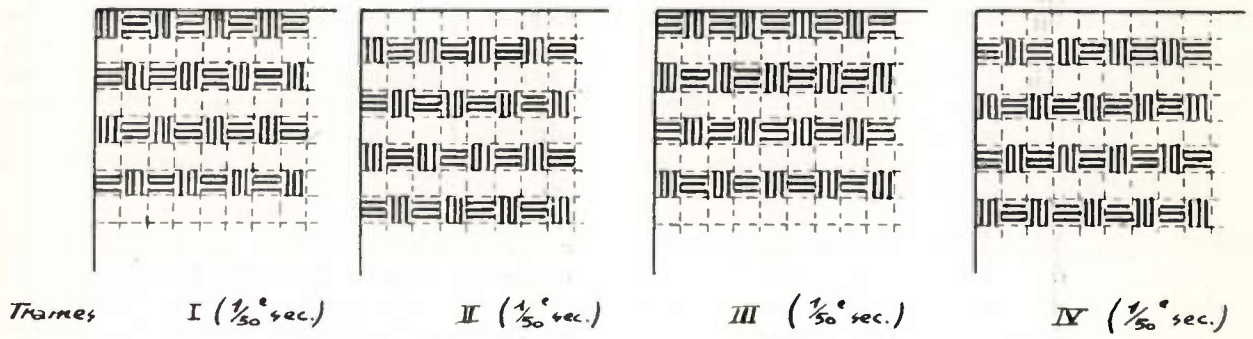


FIG. 3

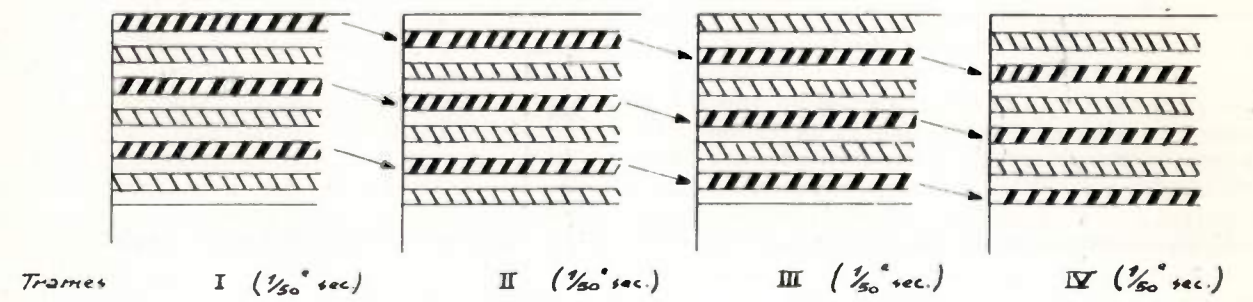


FIG. 4

Examinons sur la figure 3 de quelle manière est engendrée en quatre trames la restitution de la composante verte du spectacle seule : *cette composante est restituée par un balayage avec entrelacement d'ordre* 4. Si ce balayage est réalisé conformément à la figure 3, on comprend immédiatement que la restitution paraît plaquée sur un fond formé d'une trame de lignes horizontales équidistantes animées d'un mouvement de translation uniforme dirigé de haut en bas : le balancement provoqué par l'entrelacement d'ordre 2 du standard monochrome actuel est remplacé par un défilement régulier, et ce défilement sera juste visible si l'observateur se place à une distance de l'écran telle

qu'il commence à voir séparées distinctement deux lignes juxtaposées. Bien entendu, on peut réaliser la commutation d'une façon telle que le défilement vers le bas soit remplacé par un défilement vers le haut à vitesse égale. Dans le standard français d'aujourd'hui, chaque ligne paraîtrait explorer le domaine spatial balayé (visible et non visible) en 16,38 secondes.

L'expérience confirme ces prévisions. Nous avons par des moyens optiques réalisé des restitutions de ce type, en utilisant les diverses combinaisons possibles. Les appréciations des observateurs sont extrêmement variables et l'on constate vite qu'elles dépendent surtout de leur astigmatisme résiduel (jamais nul), ce qui était à prévoir. Comme on pouvait le prévoir également, le défilement est toujours plus visible quand la restitution comprend l'une des primaires seule que lorsque les deux primaires alternantes sont restituées ensemble sur l'écran. Les résultats de ces expériences, qui sont encore en cours, feront l'objet d'une autre publication ; on peut déjà dire, cependant, que, pour le balayage compatible classique représenté figure 3, et dans le cas le plus défavorable (image monochrome isolée), l'observateur, abandonné à lui-même, se plaçant à telle distance qui lui convient, déclare d'autant plus gênant le défilement qu'il perçoit que le nombre de lignes balayées dans le standard étudié est plus petit. Les perceptions qu'il décrit ne se limitent pas au défilement régulier prévu : l'incessant clignement des paupières d'une part, le fait que la visibilité des lignes de la trame, très bonne dans les blancs, est nulle ou très mauvaise dans les noirs, provoque la perception de structures parasites et de mouvements locaux dans les régions où existent de grands contrastes. Au standard de 441 lignes, tous ces effets sont inacceptables ; le standard de 625 lignes produit une amélioration considérable. Les « images » obtenues de cette façon avec le standard de 819 lignes sont qualifiées de bonnes par la grande majorité des observateurs. Bien entendu, tous ces effets sont affaiblis dans le cas de la restitution d'un spectacle en couleurs complet. Rappelons que l'entrelacement d'ordre 4 pour des images monochromes avait été autrefois étudié aux Etats-Unis, à une époque où le nombre de lignes balayées ne dépassait nulle part l'ordre de 450-500.

B. — L'artifice de transmission adopté, unique, consiste à faire alterner les signaux primaires V et R *sur* les lignes successives de chaque trame (*Système à séquence de points binaire*). La figure 4 représente, dans l'un des nombreux cas possibles, le plus simple et le plus immédiatement compatible, le départ du balayage pour quatre trames formant une restitution complète. On comprend de suite qu'avec un tel artifice de transmission, si le nombre de domaines où alternent le long d'une ligne les deux signaux transmis est correctement choisi, la structure de lignes de la restitution actuelle est remplacée par une trame quadrangulaire beaucoup plus proche de l'isotropie et dont l'aspect suggère la trame classique des restitutions par photogravure.

Cette structure n'apparaît pas immobile à l'observateur qui l'examine ; mais ici l'illusion de nombreux mouvements distincts est possible ; nous ne pouvons entrer dans le détail de leur étude théorique et expérimentale ; nous nous bornerons à signaler que, comme dans le cas précédent, tous les effets observés sont d'autant moins gênants pour un observateur entièrement libre de ses actes, que le nombre de lignes du standard et le nombre de points alignés sur chaque ligne sont ensemble plus grands. Pour la très grande majorité des observateurs consultés l'image en couleurs obtenue par ce procédé du standard de 819 lignes, avec un nombre de « points » répartis sur chaque ligne de l'ordre de 750 n'est pas critiquable. Quand, dans les mêmes conditions, on se contente de restituer une image monochrome unique, la structure obtenue au standard de 819 lignes reste plus « agréable » que la structure de lignes actuelle, sans mouvements perceptibles gênants ; au standard de 625 lignes, 450 points par ligne, la structure et ses mouvements, plus discernables, sont encore très bien tolérés. Des expériences systématiques se poursuivent sur ce sujet dans notre Laboratoire.

ERRATUM

Dans le premier article des mêmes auteurs, *Onde Electrique* n° 332 de Novembre 1954, page 836, 2e colonne en haut, Tableau des coordonnées colorimétriques :

au lieu de :

Blanc A $x = 0{,}340$; $y = 0{,}491$

Prière de lire :

$x = 0{,}448$; $y = 0{,}408$

UTILISATION D'UN FAISCEAU HERTZIEN A GRANDE PUISSANCE EN ONDES CENTIMÉTRIQUES POUR LA TRANSMISSION VERS LA GRANDE BRETAGNE DES PROGRAMMES EUROPÉENS DE TÉLÉVISION

LIAISON CASSEL - DOUVRES

PAR

André LAURENS

Chef du Département « Faisceaux Hertziens » à la Société « Télécommunications Radioélectriques et Téléphoniques »

I. — Introduction.

L'attention des techniciens des faisceaux hertziens durant ces dernières années s'est particulièrement portée sur l'obtention de puissances d'émission de plus en plus grandes pour la transmission des informations sur de tels faisceaux.

Longtemps en effet on a considéré, pour les transmissions en ondes centimétriques, qu'une puissance émise de 0,5 à 1 W. suffisait pour franchir la majorité des tronçons. La notion de puissance apparente, en faisant intervenir le gain des aériens qui, à égalité de dimensions, devient de plus en plus grand lorsque la fréquence augmente, étayait fortement cette thèse. Au surplus, la technique des tubes ne permettait guère de dépasser 1 W, du moins en ondes centimétriques.

Cependant l'évolution actuelle des transmissions par faisceaux hertziens révèle plusieurs facteurs qui font qu'un accroissement de puissance apparente est souhaitable. Or, si l'on considère que la valeur limite du gain des aériens est actuellement atteinte sous peine de créer des largeurs de faisceau trop faibles, l'augmentation de puissance apparente ne peut provenir que d'un accroissement de la puissance émise.

Au premier rang de ces facteurs se trouve la nature même des informations à transmettre, dont la largeur de bande ne cesse d'augmenter. La perte dans le rapport signal/bruit qui résulte de cette augmentation de bande passante ne peut être compensée que par un accroissement de puissance (à égalité de facteurs de bruit des récepteurs et des caractéristiques de modulation, bien entendu).

Il n'est pas douteux également que les exigences actuelles sur le rapport signal/bruit deviendront de plus en plus sévères, en particulier pour les transmissions de Télévision à grande distance. Et là encore, c'est surtout par l'augmentation de puissance émise que l'on arrivera à des résultats importants.

Au second rang figurent des facteurs économiques qui, au fur et à mesure que les faisceaux hertziens se développent, prennent une importance accrue. Or, la possibilité d'obtenir une plus grande puissance d'émission permet, pour une même puissance apparente, de réduire les dimensions des aériens et de diminuer ainsi parfois considérablement le prix de l'infrastructure d'un réseau.

Il apparaît enfin que dans les réseaux de diffusion prévus, en particulier pour les émetteurs de télévision et de modulation de fréquence, des points hauts sont nécessairement choisis comme emplacement des stations importantes. Les conditions topographiques permettent alors très souvent des tronçons hertziens très longs (supérieurs à 100 km) pour lesquels une grande puissance d'émission est requise. Dans ce cas, la diminution des stations intermédiaires représente une économie importante et au surplus résoud bien des problèmes d'exploitation.

La mise au point par le Docteur Coeterier, des Laboratoires Philips d'Eindhoven (1), d'un tube délivrant en ondes centimétriques une puissance continue supérieure à 10 W., a permis à la Société « *Télécommunications Radioélectriques et Téléphoniques* », après une étude très approfondie des

(1) Voir Revue Technique Philips Septembre 1946.

Laboratoires d'Electronique et de Physique Appliquées, de développer un faisceau hertzien à grande puissance capable de transmettre en modulation de fréquence, soit des signaux de télévision (avec ou sans le son), soit des signaux basse fréquence à haute qualité (pour les émetteurs F.M.), soit encore les voies téléphoniques d'un multiplex à répartition en fréquence.

Un matériel de ce type a été utilisé à la demande de la Radiodiffusion-Télévision Française en Février 1954 pour des transmissions expérimentales de télévision sur une distance de 110 km entre Lyon et Grenoble. La visibilité entre les deux points était excellente. La valeur moyenne du rapport signal/bruit (signal de vision en valeur crête à crête, bruit en valeur efficace) s'est située à 54,5 dB pour une bande video transmise de 7 Mc/s.

Plus récemment au cours du mois de Mai et des mois de Juin et Juillet 1954, l'acheminement des programmes de télévision européens vers la Grande-Bretagne entre CASSEL et DOUVRES a été effectué à l'aide d'un de ces faisceaux.

Après avoir décrit rapidement les caractéristiques principales de ce matériel, nous indiquerons les résultats obtenus au cours de la transmission CASSEL-DOUVRES en insistant particulièrement sur quelques aspects de la propagation des ondes de 3 500 Mc/s au-dessus du Pas-de-Calais.

II. — DESCRIPTION DU FAISCEAU T.R.T. — TYPE C.Z. 8 V. :

Le faisceau hertzien T.R.T. du type C.Z. 8 V. a été basé essentiellement sur l'emploi du tube émetteur du type KC 3 405 (ou KC 3 375). Aussi, avant de décrire les éléments constitutifs de ce matériel, nous donnerons quelques indications sur ce tube.

2.1. — Tube émetteur K. C. 3405 (ou R C 3375) :

C'est un tube à modulation de vitesse à réflexions multiples.

Son fonctionnement est basé sur l'utilisation d'oscillations successives des électrons autour de l'anode. La répartition de potentiel autour de l'anode est telle que la modulation de densité des électrons soit totale après la première réflexion et que cette modulation de densité se conserve au cours des réflexions successives.

La puissance délivrée par ce tube à 3 500 Mc/s est largement supérieure à 10 W. Son rendement est de l'ordre de 15 %. Son accord sur la fréquence de fonctionnement est fixe et effectué au montage en usine.

Ses principales tensions et débits sont :

Anode	:	3 000 V. 24 mA
Réflecteur 1	:	0 V.
Réflecteur 2	:	— 800 V.
Wehnelt	:	— 80 V.
Chauffage	:	6,3 V. 2 A.

Le tube peut être modulé en fréquence en appliquant la modulation aux réflecteurs. La courbe de modulation (tension réflecteur — fréquence) est sensiblement linéaire dans une bande de 12 à 15 Mc/s et sa pente est d'environ 0, 1 Mcs/Volt.

La figure 1 représente le tube dans sa réalisation industrielle. L'enveloppe du tube est en verre et sa construction est à la fois simple et robuste. Les

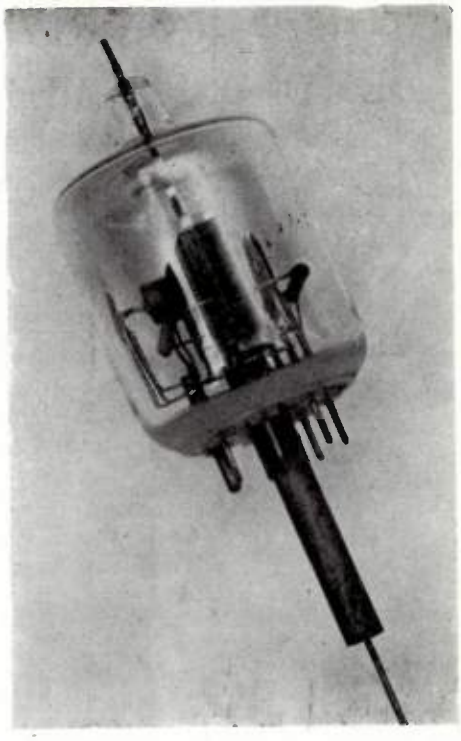


FIG. 1. — Tube KC 3405.

diverses électrodes sont constituées par des plaques percées de trous. L'énergie hyperfréquences est délivrée par le tube sur une sortie coaxiale dans le culot du tube. Cette ligne coaxiale est couplée à l'espace anodique.

Un aimant est utilisé pour concentrer le faisceau d'électrons. Le rendement du tube est ainsi augmenté.

2.2. — Eléments du faisceau hertzien C. Z. 8 V.

Les figures 2 et 3 représentent respectivement les baies principales de l'émetteur et du récepteur du faisceau hertzien. Ces baies sont en liaison avec des têtes H.F. qui se trouvent immédiatement à portée des aériens, la jonction étant effectuée par câbles.

2. 2. 1. — *Caractéristiques principales de l'émetteur :*

L'émetteur est essentiellement constitué par l'amplificateur de modulation qui attaque le tube K.C., le circuit qui contrôle automatiquement la fréquence de ce tube et les diverses alimentations.

Le contrôle automatique de fréquence a fait

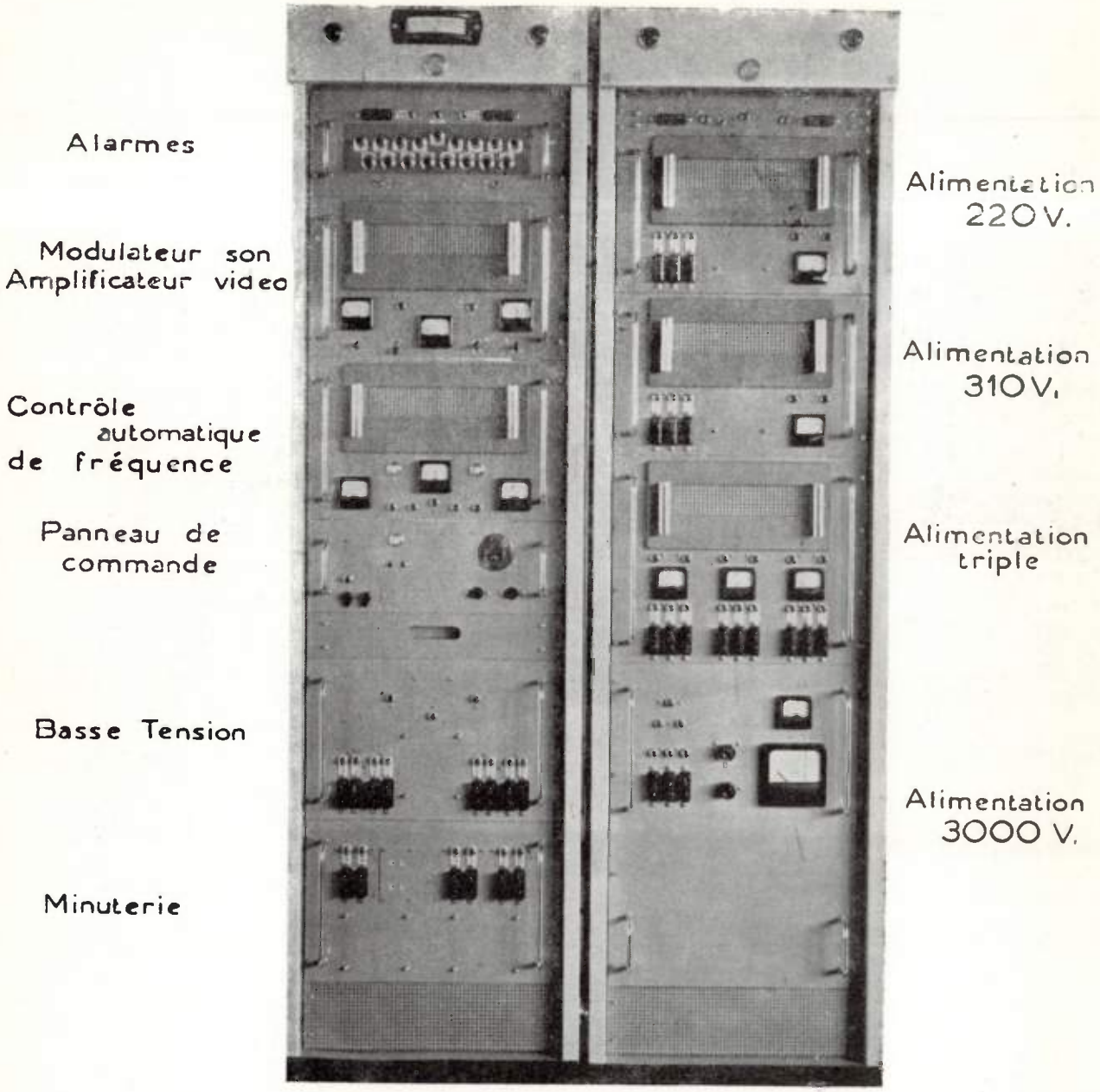


FIG. 2. — Emetteur.

l'objet d'une étude du L.E.P. Il est basé sur l'utilisation d'un discriminateur hyperfréquences dont les deux cavités sont considérées comme des étalons. La fréquence de l'émetteur est comparée à la moyenne arithmétique des fréquences de ces deux cavités.

Lorsque le matériel est utilisé pour la télévision, la modulation transmise est généralement constituée d'une voie video (10 Mc/s de bande) et d'une voie son (10 kc/s). Celle-ci est transmise par une sous-porteuse à 11,5 Mc/s modulée en fréquence et ajoutée à la voie video.

Des circuits de sécurité et d'alarme facilitent la surveillance et la maintenance de ce matériel.

2. 2. 2. — *Caractéristiques du récepteur :*

Le récepteur est du type classique à changement de fréquence. L'oscillateur local est une triode et le changement de fréquence est effectué dans un mélangeur simple utilisant un cristal au silicium. La fréquence de l'émetteur étant contrôlée automatiquement, aucun dispositif de contrôle de fréquence n'est prévu à la réception.

La largeur de bande de l'ampli M. F. est de 30 Mc/s.

III. — LIAISON CASSEL - DOUVRES.

Un exemple typique d'utilisation du faisceau hertzien T. R. T. du type C. Z 8 V. a résidé dans la transmission des programmes de Télévision au-dessus du Pas-de-Calais, pour le compte de la Radiodiffusion-Télévision Française.

La distance à couvrir était en effet de 86 km.

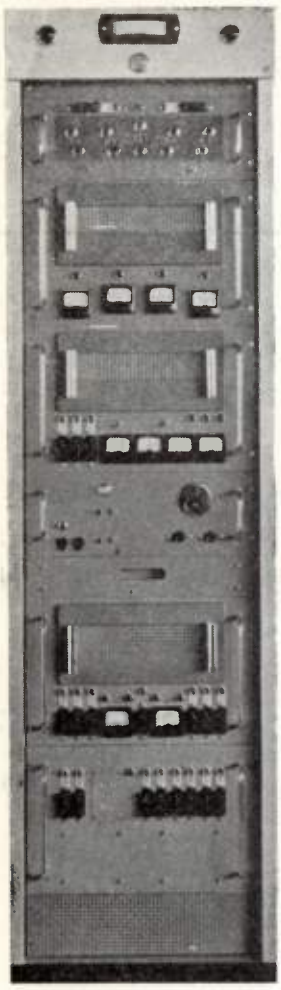


FIG. 3. — Récepteur.

Mais, ainsi que le montre la figure 4 (rayon terrestre normal), près de la moitié du parcours se trouvait au-dessus de la mer et la première zone de Fresnel était loin d'être entièrement dégagée (son rayon est en effet de 44 mètres au milieu du trajet).

Les aériens utilisés étaient constitués par des réflecteurs paraboliques de 3 mètres de diamètre alimentés par un excitateur à rayonnement arrière (dispositif de Cuttler).

Pour se prémunir contre les fadings possibles dans une telle transmission au-dessus de la mer, une réception en diversity d'espace avait été réalisée à DOUVRES. Deux récepteurs complets étaient utilisés pour cela, les deux aériens étant décalés verticalement d'une distance de 6 m au début. Par la suite, des essais furent effectués avec cette distance portée à 50 m.

3.1. — Résultats obtenus :

3. 1. 1. *Rapport signal/bruit :*

Le rapport signal/bruit sur cette liaison a été mesuré à l'aide d'un amplificateur détecteur de bruit à large bande. Dans ce rapport on a considéré la valeur crête à crête du signal de vision et la valeur efficace de bruit.

La courbe de la valeur moyenne de ce rapport mesuré chaque jour oscille autour de 45 dB.

L'influence du non dégagement de la première zone de Fresnel est considérable. En effet, l'expérience fut tentée à la fin des essais d'élever un des aériens de DOUVRES de 50 m. La première zone de Fresnel se trouvait alors sensiblement dégagée. La valeur moyenne du rapport signal/bruit fut alors

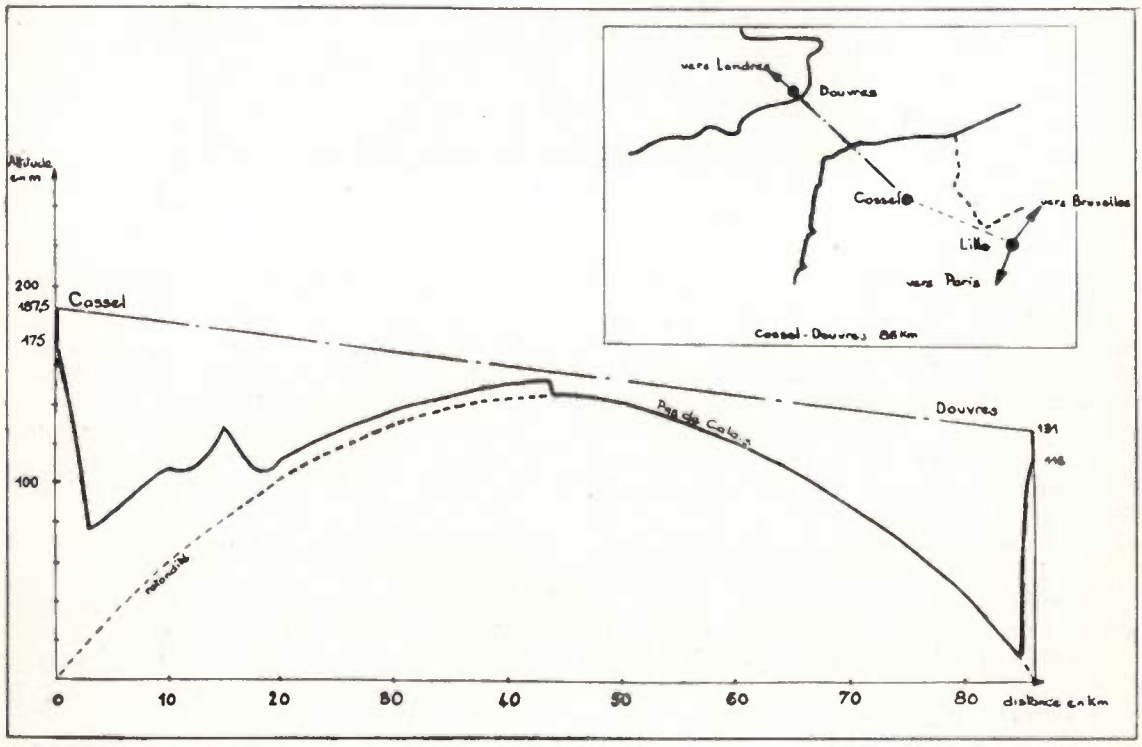


FIG. 4.

augmentée d'environ 10 dB. Malheureusement, comme nous le verrons par la suite, la densité des fadings s'est trouvée accrue.

3. 1. 2. *Observations de propagation :*

Durant tout le temps qui n'était pas consacré à la transmission des programmes de télévision, le champ reçu à DOUVRES a été enregistré, l'amplificateur détecteur du bruit alimentant alors un enregistreur Chauvin-Arnoux. Le total des heures d'enregistrement a été de 242 heures.

L'attention a été particulièrement portée sur les fadings supérieurs à 20 dB. qui sont les seuls gênants pour la transmission. De tels fadings se sont produits pendant environ 1 % du temps. La statistique de ces évanouissements a montré qu'ils se produisent surtout entre 21 et 23 heures et entre 13 et 15 heures.

3. 1. 2. 1. *Divers types de propagation enregistrés sur un seul aérien :*

Nous reproduisons ci-dessous les photographies des bandes de l'enregistreur qui correspondent aux cas types de la forme du champ reçu. Ces enregis-

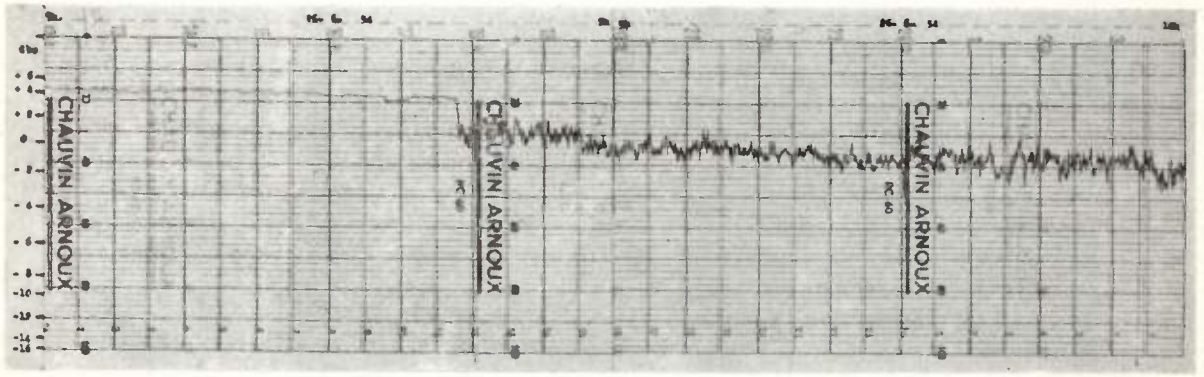


FIG. 5. — (26. 6. 54). — Propagation très stable (variations de l'ordrede 1/10 de dB) avec apparition brusque de scintillations très rapides de faible amplitude (± 1 dB).

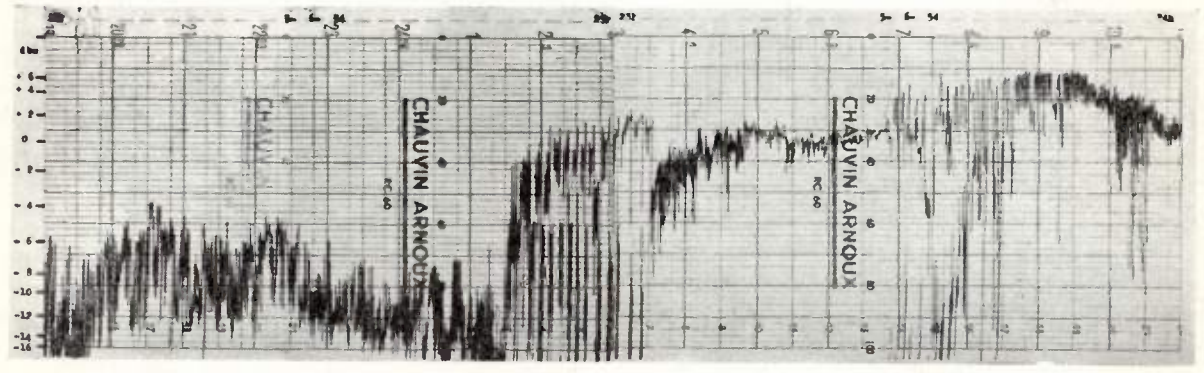


FIG. 6. (5. 6. 54). — Apparition d'un fading moyen de l'ordre de 10 dB avec un phénomène de scintillation très prononcé (± 4 dB), suivie de l'apparition de fadings très profonds et très courts avec un phénomène de scintillation faible (± 1 dB).

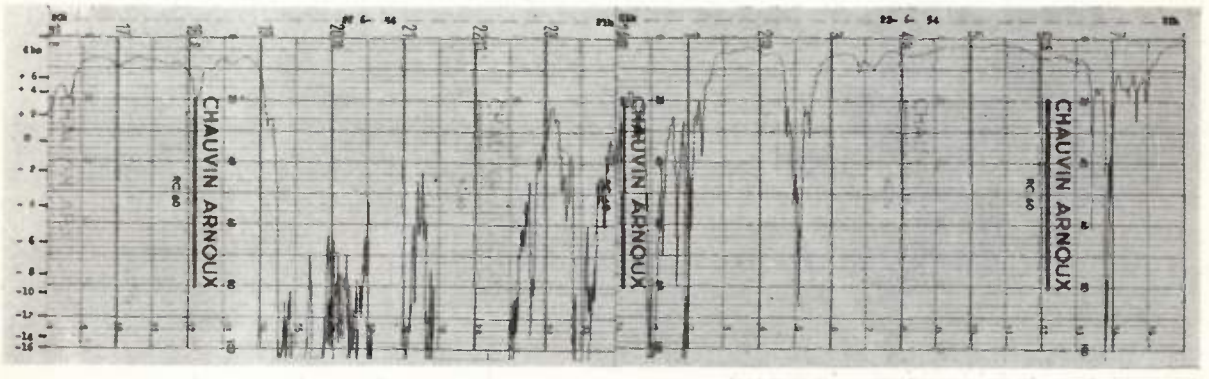


FIG. 7. (22. 6. 54). — Apparition de fadings très profonds et de longueurs variables par rapport à une propagation sans scintillation.

trements représentent le signal reçu par l'une des deux paraboles.

3. 1. 2. 2. *Réception en diversité d'espace. Résultats de propagation.*

Pour fixer l'espacement entre aériens, nous avions utilisé les résultats d'expériences effectuées antérieurement sur une fréquence différente (2 000 Mc/s). La distance ainsi choisie était de 6 m. Mais comme le montrent les enregistrements donnés ci-dessus, les caractéristiques du champ lors de l'apparition de fadings sont sensiblement identiques sur les deux aériens.

Nous avons été alors amenés à envisager un autre espacement (50 mètres) outre l'augmentation appréciable déjà signalée de la valeur moyenne du signal obtenu (de l'ordre de 10 dB), les caractéristiques du signal reçu sur les 2 aériens sont très différentes et notamment

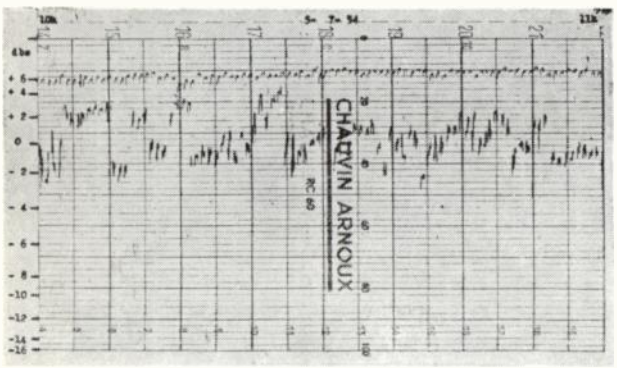


Fig. 9. (5. 7. 54). — Existence de fluctuations avec scintillations sur l'un des aériens alors que le signal demeure très stable sur l'autre (phénomène déjà visible sur l'enregistrement précédent). Ce phénomène très curieux est difficile à expliquer par l'hypothèse généralement admise que les scintillations sont dues à la turbulence (espacement de 6 mètres).

l'opposition des sens de variations apparaît nettement. Malheureusement, l'observation du signal reçu sur la parabole supérieure fait ressortir la présence d'évanouissements très prononcés et très fréquents, ce qui est évidemment très gênant.

L'enregistrement était effectué sur un même enregistreur en connectant successivement à celui-ci les deux récepteurs. Les gains des amplificateurs de sortie des récepteurs étaient tels que, lors du réglage initial, les indications données par chaque récepteur sur l'enregistreur soient voisines. Les enregistrements effectués n'ont donc qu'une valeur de comparaison.

3. 1. 2. 3. *Comparaison avec la transmission sur 2 000 Mc/s :*

La présence simultanée, pendant toute cette

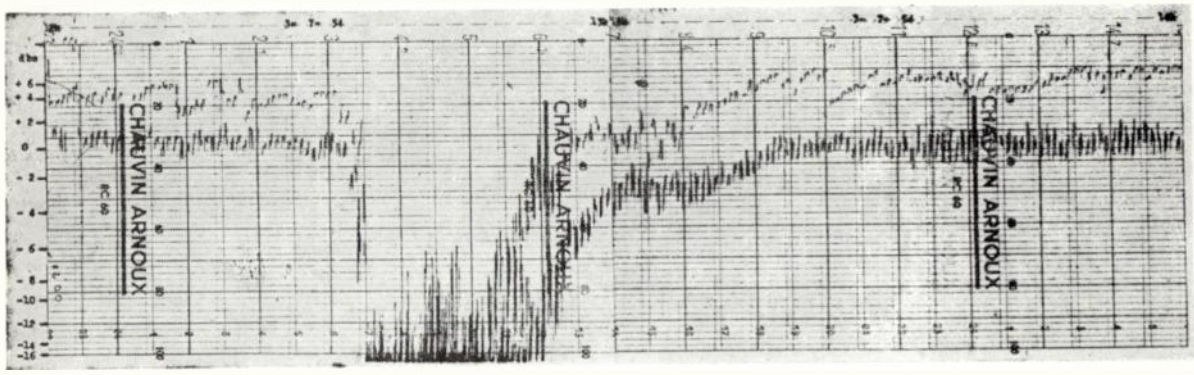


Fig. 8 (3. 7. 54). — Apparition de fading très profond simultané sur les deux aériens (espacement de 6 mètres).

période d'essais, de deux équipements fonctionnant sur des fréquences différentes, à savoir 3 400 et 2 000 Mc/s, a permis de constater que les résultats de propagation obtenus, en particulier pour ce qui concerne les évanouissements profonds, étaient sensiblement identiques sur les 2 longueurs d'ondes. On a constaté simplement une distribution différente dans le temps de ces évanouissements.

IV. — Conclusions.

Les conclusions que l'on peut tirer de cette transmission entre Cassel et Douvres font ressortir en premier lieu la nécessité de disposer de puissances d'émissions les plus grandes possibles. En effet l'importance des évanouissements constatés, montre bien que, même avec une puissance de 10 Watts à l'émission, on ne dispose pas de toute la sécurité

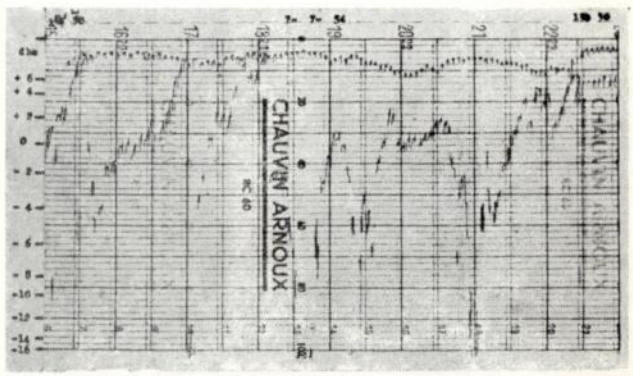


Fig. 10 (7. 7. 54). — Propagation très stable sur la parabole inférieure. Fluctuations très profondes (10 dB) sur la parabole supérieure avec légère scintillation (espacement de 50 mètres).

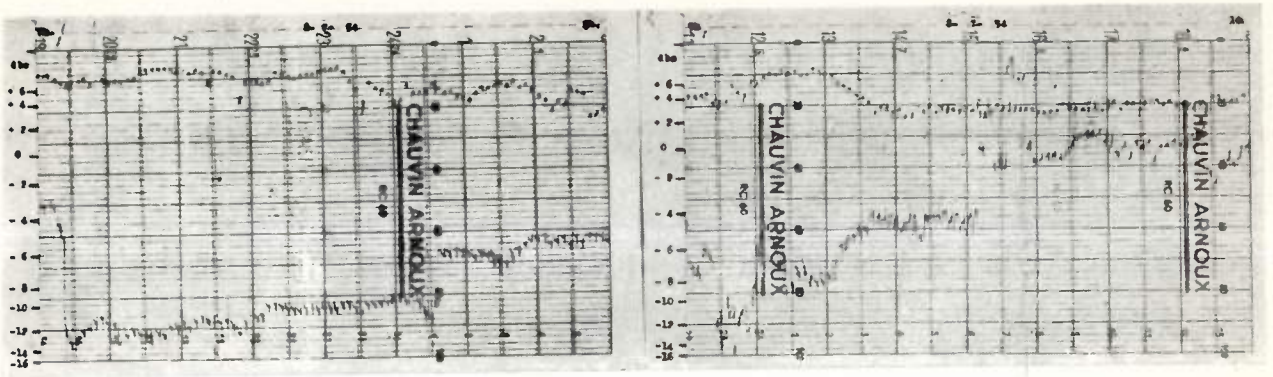


FIG. 11. (8. 7. 54) — Valeurs de signal très différentes sur les deux aériens montrant l'efficacité d'une telle réception en diversité. Différences de valeur de signal allant jusqu'à 20 dB avec de nombreux casde variations complémentaires (espacement de 50 mètres).

nécessaire pour une transmission régulière des programmes.

La réception en diversité d'espace offre bien entendu la possibilité de pallier cette situation ; mais encore faut-il noter que la détermination de l'espacement des aériens est délicate et doit-être effectuée expérimentalement en fonction des conditions locales.

Il ressort également des constatations faites que le dégagement de la première zone de Fresnel, s'il apporte un gain appréciable dans le rapport signal sur bruit, peut conduire, dans certains cas, à un accroissement de la fréquence des évanouissements.

Il faut noter, enfin que la propagation des ondes de 3 500 Mc/s et de 2 000 Mc/s semble être identique dans un trajet au-dessus de la mer et il ne semble pas qu'il y ait de préférence à avoir pour l'une ou l'autre de ces fréquences.

Nous tenons à remercier en terminant les Services Techniques de la Radiodiffusion Télévision Française de nous avoir donné la possibilité, à l'occasion de l'exploitation de la liaison CASSEL - DOUVRES, d'effectuer d'intéressantes études de propagation à l'aboutissement desquelles ils nous ont apporté toute l'aide nécessaire.

Nous remercions également tous les ingénieurs et techniciens du Service Hyperfréquences du Laboratoire d'Electronique et de Physique Appliquées et en particulier MM. DUCOT, CAYSAC et ANDRIEUX, dont les travaux sur l'utilisation du tube KC ont été de la plus grande importance.

LES ÉQUIPEMENTS SPÉCIAUX DE TÉLÉVISION DE LA COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON AU SERVICE DE LA SCIENCE DE L'INDUSTRIE ET DU COMMERCE

PAR

MM. ALLARD et FREJAVILLE

Ingénieurs à la Division Télévision du Groupe Electronique de la Compagnie Française Thomson-Houston

La Télévision connaît un essor prodigieux en tant que moyen de distraction et de diffusion d'informations, mais elle est également appelée à jouer un rôle utilitaire d'une importance considérable dans les domaines les plus divers de l'activité humaine. Instrument de loisirs, elle est aussi un outil de travail.

Pour l'Industriel, la télévision représente une possibilité d'accroissement de la productivité ainsi qu'une solution élégante et efficace des problèmes de sécurité du personnel. Elle constitue pour le savant un précieux instrument de recherche, pour le commerçant un mode attractif de publicité, pour l'éducateur un moyen de présenter à un auditoire nombreux des opérations s'effectuant en des lieux où il ne peut avoir accès et facilite la surveillance en un seul point d'opérations se déroulant simultanément en des lieux différents.

La Compagnie Française Thomson-Houston, qui occupe une place prépondérante dans le domaine de l'Electronique, a entrepris la construction en série de matériels de Télévision Industrielle d'une conception ultra moderne et d'une haute sécurité de fonctionnement.

L'équipement de base *comprend une caméra et son caisson de commande transmettant le signal video en circuit fermé à un récepteur de 43 cm. Une gamme étendue d'accessoires a été réalisée pour toutes les applications spéciales. Des caissons de protection et des dispositifs de télécommande permettent, notamment, d'utiliser la caméra dans des milieux dangereux ou difficilement accessibles pour l'observateur humain.*

Le signal video délivré par l'équipement de base peut être transmis grâce à un relais hertzien simplifié, et l'utilisation du projecteur sur Grand Ecran C.F.T.H. permet d'obtenir une image de 6,5 mètres de base avec une stabilité parfaite et des proportions géométriques rigoureuses.

L'équipement de projection sur Grand Ecran *a fait l'objet d'une analyse dans notre dernier numéro. Les auteurs des articles ci-dessous décrivent l'équipement de base de Télévision Industrielle et le relais hertzien simplifié construits par la Compagnie Française Thomson-Houston.*

I. — ÉQUIPEMENT DE BASE POUR TÉLÉVISION INDUSTRIELLE

1. Domaine d'application.

Dresser une liste des applications de la télévision à d'autres domaines que la Radiodiffusion est un travail que tous les auteurs traitant de la télévision industrielle ont tenté. Des énumérations fort longues en sont résultées, présentant entre elles des différences importantes et nécessitant des remises à jour fréquentes. Tel n'est pas le but de cet article. Il suffira de remarquer que la télévision donne lieu à des applications extrêmement variées et nécessitant à première vue un grand nombre de matériels adaptés à chacune des applications envisagées. Il semble n'y avoir aucun point commun entre un appareillage pour l'exploration sous-marine, comportant une caméra étanche, soigneu-

sement lestée, et dotée de multiples télécommandes, et un appareillage destiné à la retransmission des signatures composé d'une caméra simplifiée à mise au point fixe.

Pourtant on ne peut envisager la fabrication sur le plan industriel de l'un et de l'autre que s'ils sont déduits d'un *équipement de base* commun.

Après avoir soigneusement classé toutes les applications actuellement connues, on peut définir un très petit nombre d'équipements de base qui permettront à l'aide d'accessoires extrêmement variés de couvrir toute la gamme des besoins.

2. Composition.

C'est un équipement de base de ce type choisi parmi ceux de la C. F. T. H. que nous présentons ici. Il est prévu spécialement pour toutes les applications où le poids et l'encombrement du caisson de commande n'ont pas une importance de premier ordre, mais où une très petite caméra, pouvant être placée, au besoin, à une distance assez grande du caisson de commande est nécessaire.

Une attention spéciale a été apportée aux qualités géométriques et aux linéarités de balayage, à la définition et au faible niveau de bruit, l'équipement étant destiné généralement à transmettre des figures géométriques et à fournir une image destinée à être retransmise ou reproduite devant un auditoire important.

La précision des signaux est du même ordre que celle exigée par la R. T. F.

L'équipement se compose d'une très petite caméra, d'un caisson de commande et d'un nombre quelconque de récepteurs.

3. Tube de prise de vue.

Cet équipement utilise le tube « Staticon ». Ce tube utilise une surface photosensible à conductivité variable. La couche douée de propriétés photoconductrices est soit du sélénium, soit du trisulfure d'antimoine selon la région du spectre où l'on veut placer le maximum de sensibilité.

Les tubes à l'antimoine sont parfaitement sensibles au rouge.

Ces tubes utilisent un balayage par faisceau d'électrons lents. Le rôle du faisceau est de charger l'écran qui se décharge lentement entre deux passages successifs. Il existe donc un effet d'accumulation. La sensibilité de ces tubes dépasse très largement celle des supericonoscopes. La définition obtenue actuellement au stade industriel est de 600 points par ligne. Leurs qualités essentielles sont leur bon marché et leurs très petites dimensions (diamètre 27 mm, longueur 15 cm).

L'image est de la même taille que celle du film substandard de 16 mm (10,41 × 7,47 mm) ce qui permet l'utilisation des objectifs et accessoires prévus pour le cinéma d'amateur ou semi-professionnel.

4. Caméra (fig. 1).

Les dimensions de la caméra n'excèdent pas 27 × 12 × 16 cm et son poids est de 4,7 kg. Elle contient 5 tubes en plus du tube analyseur. Dans sa version la plus simple, les commandes optiques se font uniquement par les bagues de l'objectif. Il est possible de lui adjoindre des optiques télécommandées. Le montage comporte un amplificateur cascode suivi d'un étage pentode et d'une sortie cathodique symétrique.

FIG. 1. — Caméra de prise de vue (objectif standard de prise de vue cinéma 16 mm. Tube analyseur = orthicon — Poids = 4,5 kg.).

Un tube amplifie les signaux de blocage. Le câble réunissant la caméra au caisson de commande a un diamètre de 15 mm. Sa longueur peut atteindre 100 m.

5. Caisson de commande (fig. 2.).

Le caisson de commande contient les alimentations, le générateur de signaux de synchronisation, l'amplificateur vidéo, le mélangeur de signaux et les balayages de la caméra.

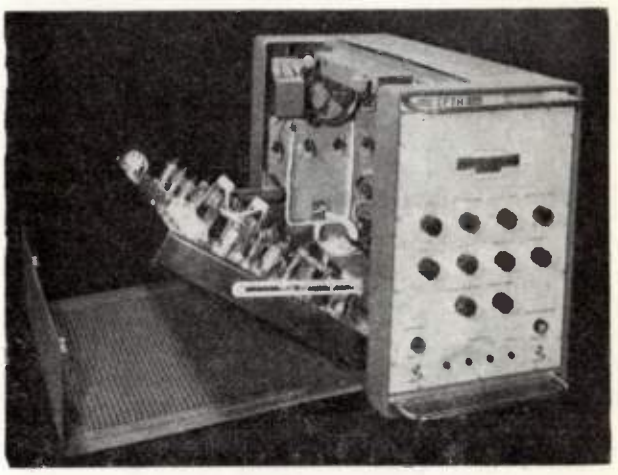


FIG. 2. — Caisson de commande (face avant).

Les alimentations sont entièrement régulées. Le standard adopté est de 637 lignes entrelacées, 25 images. La division est obtenue par compteurs

binaires. La bande passante video atteint 8 Mc/s. La distorsion de non-linéarité est inférieure à 5 %. Deux sorties cathodiques délivrent le signal video 1 volt sur 75 ohms.

Les différentes fonctions remplies par ce caisson sont réalisées à l'aide de 40 tubes. Le caisson pèse 35 kg et ses dimensions sont de 600 × 300 × 450 mm. Douze boutons de réglage sont accessibles parmi lesquels 4 réglages principaux : gain, concentration, courant de faisceau, niveau du noir. La présentation du caisson est conforme à la normalisation R. T. F., avec portes amovibles et châssis basculants. Le matériel, de classe professionnelle est tropicalisé.

6. Le récepteur (fig. 3).

Le récepteur est considéré ici comme un élément séparé. La liaison se fait en video fréquence. Il a été prévu deux sorties. Bien que tous les types de récepteurs puissent convenir et en particulier les récepteurs de contrôle normalisés de la R. T. F. nous

Fig. 3. — Récepteur d'image (tube de 43 cm à fond plat).

avons jugé utile de réaliser un type de récepteur industriel caractérisé par un prix de revient minimum. Il est réalisé à partir d'éléments utilisés sur les récepteurs de série du type amateur. Muni d'une ébénisterie simplifiée et robuste, chacun d'eux possède une sortie video reproduisant le signal entrant avec un gain unité, ce qui permet de placer en cascade autant de récepteurs qu'on le désire sans avoir à utiliser de distributeur. Le tube qui équipe ces récepteurs fournit une image rectangulaire de 43 cm. Un amplificateur de son muni d'un haut-parleur a été ajouté.

7. Applications (fig. 4 et 5).

Ce type d'équipement répond aux besoins exigeant une qualité élevée de l'image et des signaux, soit parce que l'image finale est destinée à un auditoire nombreux, soit parce que les qualités géométriques sont prépondérantes.

Alors que dans une installation de télévision radiodiffusée, il y a toujours un caméraman affecté à la caméra, dans une installation industrielle, la caméra doit fonctionner seule. Généralement la personne qui observe le récepteur règle en même temps le caisson de commande et constitue l'ensemble du personnel affecté à l'installation. La gamme des télécommandes auxquelles on peut être amené est donc très étendue. Citons dans un ordre de fréquence décroissante :

— mise au point optique ;
— diaphragme ;
— distance focale ;
— filtres ;
— tête mobile du pied de caméra ;
— déplacement de la caméra.

Chacun de ces réglages peut se faire par une méthode rudimentaire ou précise, lente ou rapide.

On peut considérer les télécommandes comme une première série d'accessoires. Une seconde série groupe tous les caissons de protection :

— caisson étanche à l'eau ;
— caisson isotherme ;
— caisson résistant aux intempéries ;
— caisson résistant aux explosions ;
— caisson supprimant les vibrations.

Il est inutile de nous appesantir davantage sur la variété des accessoires nécessaires pour adapter ce matériel à toutes les applications qui sont actuellement envisagées.

La télévision étant appelée à bref délai à jouer son rôle dans toutes les activités humaines, il est important qu'elle soit considérée par ses utilisateurs non-électroniciens comme un outil sûr dont ils ne pourront plus se passer.

II. — RELAIS DÉCIMÉTRIQUE DE TÉLÉVISION

La nécessité de transmettre une image à distance a conduit les laboratoires d'Electronique à réaliser les matériels les plus divers.

Nous citerons deux exemples extrêmes.

Le reportage d'une manifestation se déroulant à grande distance de la station d'émission et, dans le domaine privé, la transmission d'informations entre deux usines.

Quatre points interviennent principalement dans le choix des caractéristiques du relais destiné à la transmission de l'image :

— distance ;
— qualité de la transmission ;
— prix de revient ;
— facilité d'exploitation.

Les relais à modulation de fréquence conviennent pour assurer les liaisons à haute qualité et grande distance. Le relais décimétrique dont il est question ici, l'emporte quant aux deux derniers points et convient aux liaisons à moyenne ou faible distance.

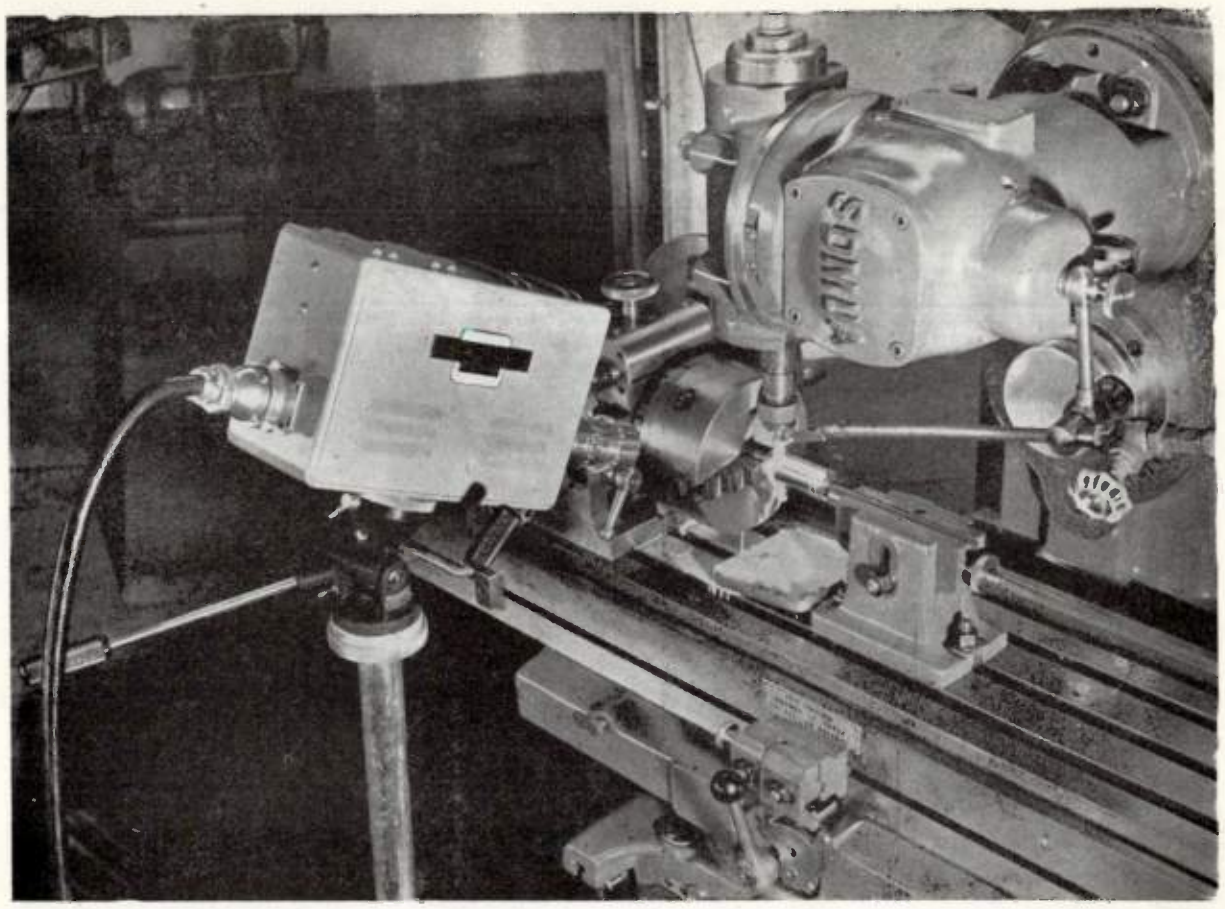


FIG. 4. — Application industrielle (mécanique).

FIG. 5. — Application commerciale (transports).

1. Principe.

Un tube d'émission est modulé en amplitude en négatif par le signal de télévision auquel est ajouté une onde modulée en fréquence autour de 12 MHZ par le signal son.

Un récepteur superhétérodyne fournit, par détection de l'onde moyenne fréquence, le signal video et l'onde à 12 MHZ qui après limitation donne par démodulation dans un discriminateur de fréquence le signal son.

2. Description du relais.

2. 1. L'émetteur comprend (fig. 6) :

les étages vision ;

les étages son ;

l'oscillateur UHF ;

l'amplificateur UHF modulé ;

les contrôles.

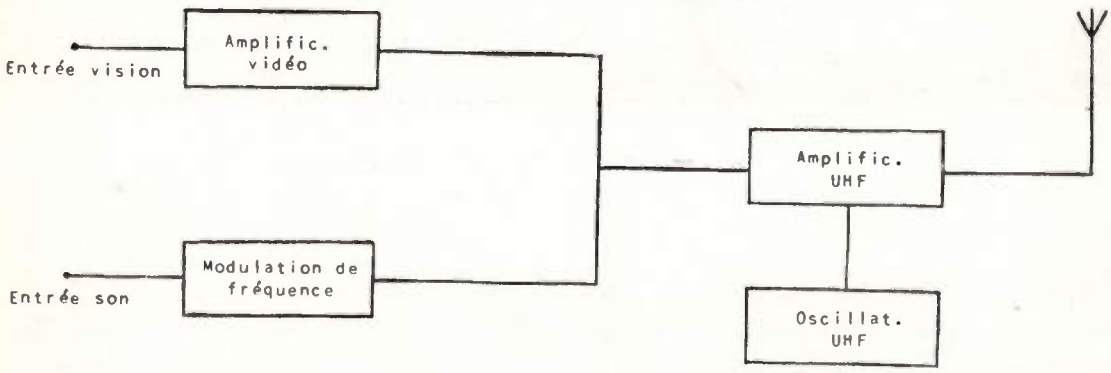


FIG. 6. — Schéma de l'émetteur.

2. 1. 1. Les étages vision se composent de trois étages amplificateurs suivis d'un étage cathodique attaquant la grille de l'amplificateur UHF. Le 3e étage comporte un système d'extension de synchronisation : un cristal polarisé, en parallèle sur une résistance cathodique, donne une contre-réaction fonction du niveau du signal restitué appliqué sur la grille.

2. 1. 2. Les étages son se composent

d'un oscillateur à 12 MHZ modulé par une lampe à réactance (excursion de fréquence $\pm$ 75 KHZ),

d'une amplificatrice-séparatrice attaquant un discriminateur de fréquence utilisé au rattrapage automatique de dérive, le discriminateur étant relié à la grille de la lampe à réactance,

d'une amplificatrice-limiteuse suivie d'un étage cathodique attaquant la grille de l'amplificateur UHF.

2. 1. 3. L'oscillateur UHF utilise une lampe phare triode 2 C 43 dans un montage à cavités coaxiales.

2. 1. 4. L'amplificateur UHF modulé par la grille utilise une triode TH 010 dans un montage à cavités coaxiales. La grille de ce tube reçoit les signaux video en négatif et porteuse son sous faible impédance (sortie cathodique de lampes à forte pente). La polarisation de l'amplificateur UHF est automatique par courant grille. Celui-ci n'ayant lieu que pendant les pointes positives de signal, c'est-à-dire les tops de synchronisation, la restitution de la composante continue se fait sur la grille même de l'amplificateur UHF.

2. 1. 5. Les contrôles et mesures d'amplitudes comprennent :

— la mesure de l'amplitude video (détection de crête du signal restitué sur les grilles des lampes du dernier étage video) ;

— la mesure de l'amplitude son ;

— le contrôle video : un commutateur permet d'obtenir soit le signal video d'entrée, soit le signal video provenant d'un cristal de démodulation branché en parallèle sur le câble d'antenne ;

— le contrôle son : un commutateur permet d'obtenir soit le signal son d'entrée, soit l'onde démodulée par le discriminateur de fréquence.

Un ondemètre, d'autre part, permet de régler la fréquence de l'oscillateur à la valeur choisie.

2. 2. Le récepteur comprend (fig. 7) :

les étages communs vision-son ;

les étages vision ;

les étages son ;

les contrôles.

2. 2. 1. Les étages communs vision-son du récepteur superhétérodyne se composent des éléments suivants :

— le mélangeur d'entrée utilisant un cristal RHC 3131 ;

— l'oscillateur UHF utilisant une lampe phare triode 2 C 43 dans un montage à cavités coaxiales ;

— le préamplificateur moyenne fréquence sur 115 MHZ qui comprend un étage cascode et deux

étages grilles à la masse. Il a une bande passante de 25 Mc/s ;

— l'amplificateur moyenne fréquence comprend six étages. Une tension d'antifading provenant d'un amplificateur à courant continu attaqué par un détecteur de crête en parallèle sur la détection vision, est appliquée sur les 3 premières lampes.

— réseau d'antennes en hélice (fig. 8).

Chaque aérien est composé d'un réseau de 4 antennes en hélice de 7 spires. L'encombrement d'un aérien est de 50 × 50 × 40 cms.

La liaison des aériens à l'émetteur et au récepteur se fait par un câble coaxial à faibles pertes.

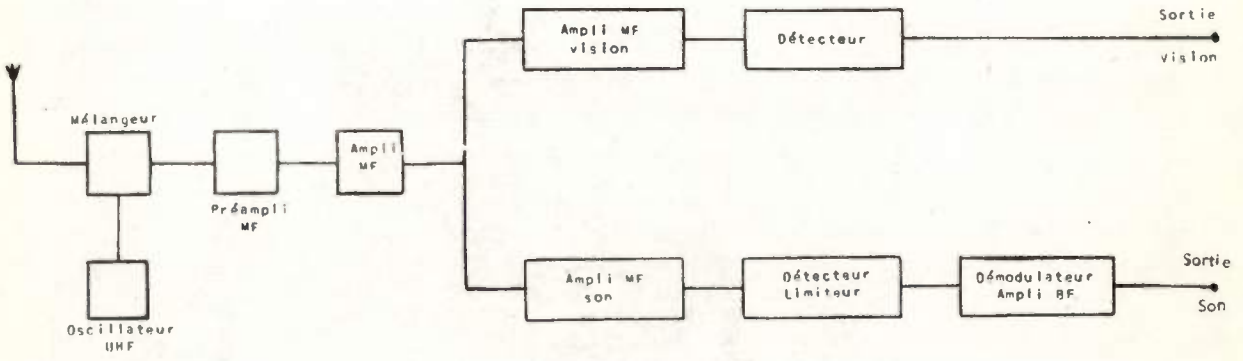


FIG. 7. — Schéma du récepteur.

2. 2. 2. Les étages vision comprennent :

— un amplificateur moyenne fréquence de trois étages de 21 MHZ de bande passante ;

— un démodulateur diode comprenant un circuit réjecteur accordé sur 12 MHZ éliminant la porteuse son ;

— un étage cathodique de sortie video directement attaqué par le signal détecté.

2. 2. 3. Les étages son se composent des éléments suivants :

— un amplificateur moyenne fréquence de trois étages dont la courbe de réponse présente deux maxima à 103 et 127 MHZ et un affaiblissement supérieur à 20 dbs à 115 MHZ par rapport aux maxima ;

— le détecteur qui fournit, la porteuse étant pratiquement supprimée, une onde à fréquence moyenne de 24 MHZ ;

—le limiteur comprenant trois étages, le dernier attaquant le discriminateur de fréquence ;

— l'amplificateur basse fréquence.

2. 2. 4. Les contrôles.

Un appareil mesurant la tension d'antifading indique la tension UHF d'entrée.

Un ondemètre permet de régler la fréquence de l'oscillateur local.

2. 3. Les aériens.

Deux types d'aériens peuvent être utilisés avec cet équipement :

— réflecteur parabolique de deux mètres d'ouverture illuminé par une antenne et doublet avec réflecteur parasite ;

3. *Caractéristiques techniques.*

Fréquence entre 960 Mc/s et 2 100 Mc/s.

Type de modulation video modulation d'amplitude,
son modulation de fréquence de ± 75 KHZ, d'une onde à 12 MHZ ajoutée au signal video.

Bande video 10 MHZ,
son 15 KHZ.

Puissance de crête rayonnée 4 W.

Facteur de bruit du récepteur : 13 dbs.

Diaphonies son dans la voie vision : 46 dBs,
vision dans la voie son : 46 dBs.

Aériens réseau de 4 antennes en hélice gain 18 dBs
ou réflecteur parabolique de 2 m de diamètre gain 26 dBs.

4. Le relais comprend un caisson pour l'émetteur et un pour le récepteur.

La mise en exploitation de l'équipement nécessite les opérations très simples suivantes :

Emetteur — réglage de fréquence de l'oscillateur à l'aide de l'ondemètre incorporé à l'appareil,

— réglage de l'accord de la cavité plaque grille de l'amplificateur UHF, au maximum de puissance de sortie,

— réglage, au voltmètre, des niveaux video et son.

Récepteur — réglage de la fréquence de l'oscillateur à l'aide de l'ondemètre incorporé.

La mise en marche, lorsqu'on ne désire pas changer la fréquence porteuse de la liaison, nécessite seulement le réglage des niveaux video et son.

5. La simplicité d'exploitation et la robustesse font de ce relais l'appareil convenant à bon nombre de transmissions d'image. Il semble s'imposer dans le cas d'une transmission entre deux points fixes lorsqu'on doit télécommander la mise en marche. C'est, à notre avis, un utile complément aux actuels relais à modulation de fréquence.

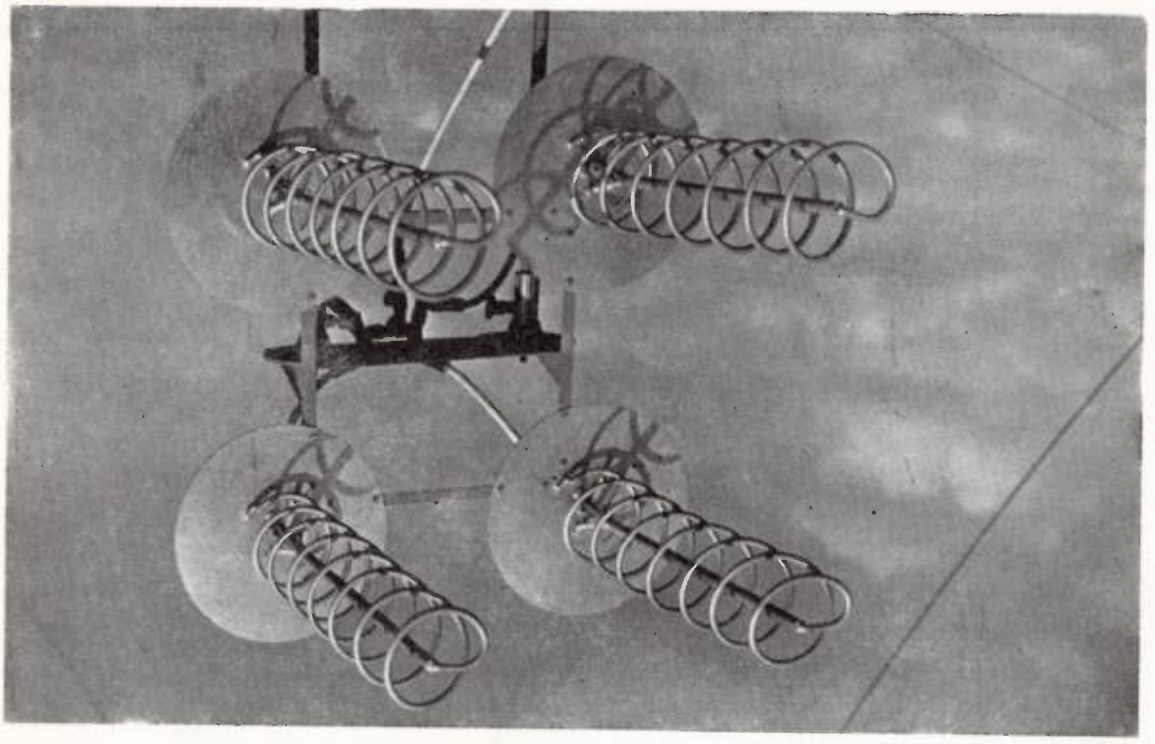
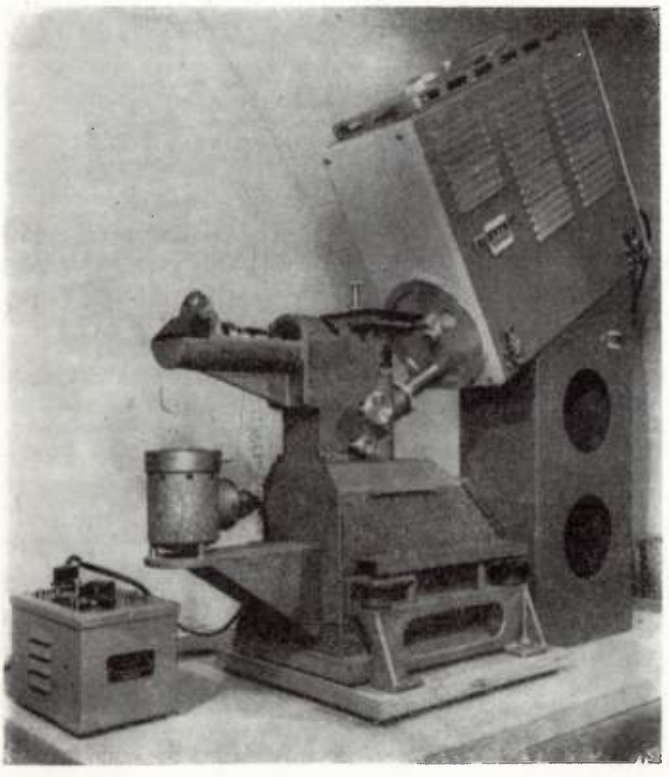


FIG. 8. — Aérien formé de 4 hélices. — Gain 18 dB à 1 200 Mc/s.



Applications scientifiques : Etude physico-chimique des métaux et alliages.

ÉTUDE DU POUVOIR RÉSOLVANT DES ÉMULSIONS PHOTOGRAPHIQUES

PAR

Robert MAUGE

Collaborateur Scientifique au Service Géographique de l'Armée [1]

Les progrès accomplis dans la technique de la télévision permettent aujourd'hui de reproduire des images dont la définition s'approche assez de celle des images cinématographiques pour que les limitations inhérentes à ces dernières interviennent sensiblement dans la qualité des programmes de télévision filmés. Il devient donc utile de se référer aux travaux des opticiens et photographes qui, pour leurs propres besoins, ont dû se pencher sur les problèmes de pouvoir résolvant des émulsions photographiques. Parmi ces travaux, figure en bonne place la contribution suivante de M. MAUGE, *Directeur de l'Ecole de Photographie et de Cinéma, parue pour la première fois en* 1936 *et dont l'intérêt d'actualité demeure, non pas tellement par la documentation qu'elle donne sur les émulsions particulières étudiées, que par les enseignements qui s'en dégagent sur les méthodes de mesure et sur leur critique.*

M. MAUGE *est l'un des premiers et rares Opticiens à avoir contesté le dogme au nom duquel les pouvoirs résolvants doivent être mesurés au moyen de mires périodiques. Il est curieux de constater que si, en photographie, l'emploi de ces mires a néanmoins subsisté, en télévision au contraire, on ne chiffre plus guère la finesse d'une image en points par ligne mais on utilise la notion plus féconde de « temps d'établissement » lors du passage d'un régime stationnaire à un autre. En photographie comme en télévision, c'est là le reflet de la dualité permanente entre l'analyse d'un réseau en régime périodique et son analyse en régime transitoire.*

Si l'on réduit photographiquement au delà d'une certaine limite l'image d'un sujet comportant des détails nettement définis, comme par exemple une affiche ou une enseigne, les grains d'argent ne sont plus groupés de façon suffisamment précise pour que les inscriptions soient lisibles en partie ou en totalité, quel que soit le grossissement sous lequel l'image photographique est examinée.

On appelle pouvoir résolvant d'une émulsion photographique la limite à partir de laquelle une image très réduite ne peut plus être reproduite de façon satisfaisante par l'émulsion considérée.

On entend plus souvent par limite du pouvoir résolvant, la plus petite période [2] qu'une émulsion soit susceptible de reproduire de telle façon qu'il soit encore possible de définir la valeur de la période.

La première définition est assez vague, elle a cependant l'avantage d'être très générale ; la seconde est plus précise, mais le fait d'introduire la notion de « période » implique une mesure de sa valeur et une définition de sa forme à la limite du pouvoir résolvant.

Influences diverses sur le pouvoir résolvant.

Au voisinage du pouvoir résolvant limite, la lumination a une influence considérable; insuffisante pour que l'on distingue l'image; si elle est trop faible, le nombre de grains développés est insuffisante pour que l'on distingue l'image; si elle est trop forte, l'irradiation produit un « empâtement » et les détails disparaissent dans un amas uniforme de grains.

On verra, d'après les résultats donnés plus loin, qu'il suffit d'un écart relativement faible pour altérer fortement la netteté des images. On sait d'autre part que le pouvoir résolvant maximum diminue rapidement si le contraste ou rapport des luminosités de deux plages contiguës descend au-dessous de 50 : 1.

En outre, la longueur d'onde des radiations qui forment l'image latente, la nature du révélateur, la durée de développement, la température des bains, ont une influence non négligeable.

But de l'étude.

La présente étude a pour objet :

1° — La recherche et l'exécution d'un test permettant d'effectuer des mesures précises et rationnelles ;

2° — La recherche des conditions dans lesquelles la limite du pouvoir résolvant est atteinte ;

3° — La recherche des influences diverses qui peuvent affecter les conditions ci-dessus.

(1) Ce travail, exécuté au *Laboratoire d'Optique et Section des Instruments* du Service Géographique de l'Armée, a été communiqué à la Section Scientifique de la *Société Française de Photographie et de Cinématographie* dans sa séance du 5 février 1936.

(2) Largeur totale d'un trait blanc et d'un trait noir juxtaposés, ayant tous deux même épaisseur.

L'étude a été faite dans un but essentiellement pratique, et notamment en vue des applications à la photographie documentaire sous toutes ses formes.

Nature du test. — On a toujours utilisé des tests ayant une forme géométrique et, en particulier, des réseaux périodiques (lignés ou quadrillés) ; aucune raison ne justifie ce choix. L'expérience montre que, à la limite du pouvoir résolvant, pour passer d'une netteté voisine de la résolution théorique à une image sur laquelle on ne distingue plus la structure du réseau, il faut faire varier la période dans le rapport de 2 : 1 environ. L'écart est trop grand pour que l'on puisse se contenter d'une valeur moyenne quelconque, et « *l'état de résolution* » ne peut être énoncé sous forme de valeur proportionnelle qu'à partir du moment où l'on peut définir d'une façon précise ce que l'on entend par résolution complète (ou 100 % de netteté) à la limite du pouvoir résolvant.

Cette critique a motivé la recherche et l'exécution d'un test à l'aide duquel on puisse définir les proportionnalités réelles échelonnées entre le pouvoir résolvant voisin de 0 et celui auquel on peut assigner la valeur 100.

Après de multiples essais, on a définitivement adopté la mire représentée par la figure 1, comprenant 16 éléments en progression géométrique de raison $\sqrt[4]{2}$: chaque élément est constitué par quatre réseaux formés de périodes rectilignes orientées à 45° les unes des autres, un réseau composé de petits carrés dont le côté est égal à l'épaisseur des traits, c'est-à-dire à la demi-période (une moitié du réseau est formée de carrés blancs sur fond noir, et l'autre moitié de carrés noirs sur fond blanc), enfin une mire composée de lettres et de chiffres dont l'épaisseur du trait est égale à la demi-période des réseaux situés sur le même alignement.

Les deux index en forme d'X couché (reliés par une droite) sont des repères définissant une longueur de base L mesurée à l'origine avec toute la précision désirable.

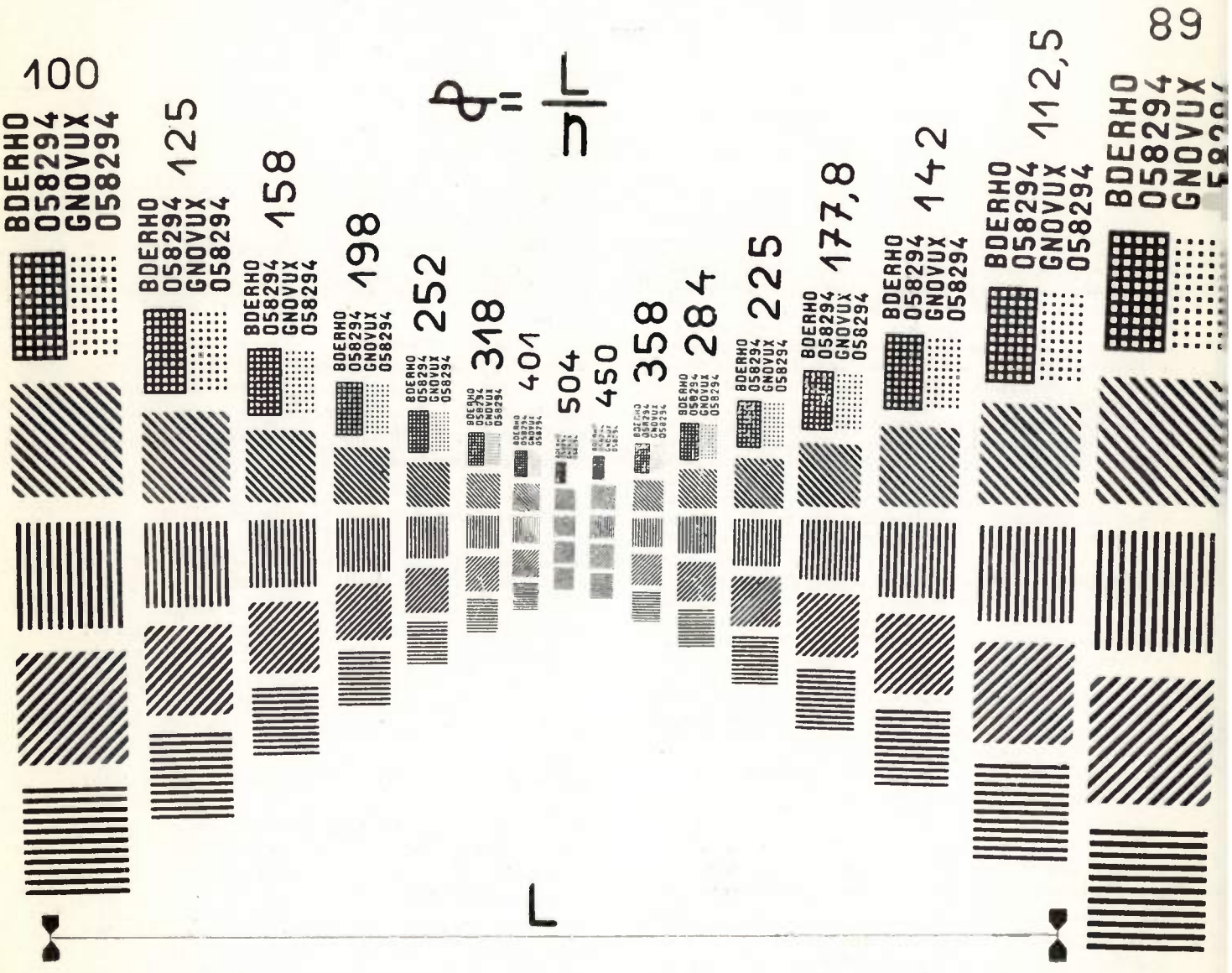


FIG. 1

En face de chaque série de mires, sont inscrits des nombres n dont la valeur est un facteur de proportionnalité entre la longueur étalon L et la dimension de la période située en regard. Cette disposition permet de déterminer très exactement la dimension des périodes (ou des traits), quelles que soient la réduction et la netteté.

Les index étant toujours visibles, on mesure la longueur L au comparateur et la dimension des périodes est donnée par le rapport L/n.

Seuls les lettres et les chiffres de chaque élément sont utilisés pour étudier le pouvoir résolvant. On a conservé les réseaux pour déterminer ultérieurement *la forme* des périodes, au moment où « la définition » est exprimée par un certain pourcentage de lettres et chiffres lisibles.

La mire, exécutée à grande échelle, a été réduite photographiquement pour tenir dans une plaque 18 × 24 cm, en prenant toutes les précautions nécessaires à une reproduction de ce genre.

La disposition alternée de part et d'autre du centre, où se trouve la plus petite mire, a été jugée utile pour de multiples raisons ; cette mire peut recevoir de nombreuses applications.

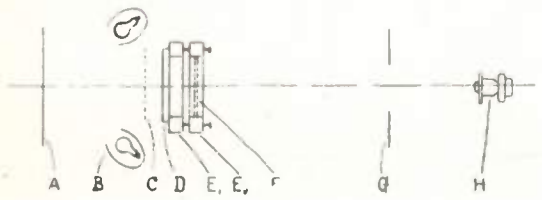


FIG. 2

Détails de l'installation.

L'installation représentée par le schéma de la figure 2 comprend :

un écran A, constitué par un morceau de carton baryté maintenu plan;

deux lampes B, placées dans des boîtes à lumière, et réglées à distance convenable pour éclairer uniformément l'écran A ;

un diffusant translucide C assurant un éclairage parfaitement uniforme ;

une cuve D à faces parallèles (18 × 24 cm) destinée à recevoir des solutions colorées, soit pour corriger la composition spectrale de la lumière employée, soit pour isoler une bande spectrale déterminée ;

un porte-mire constitué par un cadre fixe E_1, pouvant coulisser verticalement dans la platine d'un support adapté au banc d'optique, et d'un cadre mobile E_2, relié au premier par trois vis, permettant d'amener la mire dans un plan perpendiculaire à l'axe optique de l'objectif monté en H. La mire F est fixée sur le cadre E_2;

un écran ajouré G, placé à distance convenable entre la mire F et la chambre H, évite tout enregistrement parasite ;

une chambre photographique H, dont on voit le détail sur la figure 4.

La figure 3 est une photographie de l'ensemble, monté sur un banc d'optique. La chambre photographique est solidaire d'un axe b coulissant dans un manchon a; un clavetage empêche toute rotation de la chambre lorsque le parallélisme entre l'axe optique et le banc est réalisé.

L'objectif e est vissé sur une bague d à tambour gradué servant de vis micrométrique pour la mise au point (laquelle peut être obtenue avec une précision de 0,001 mm). L'objectif employé est un Micro Planar de 70 mm de distance focale dont le pouvoir séparateur (à l'ouverture relative 1/9) est très supérieur au pouvoir résolvant des émulsions courantes.

Pendant la prise de vue, la plaque à étudier appuie sur quatre plots d'ivoire déterminant un plan c rigoureusement perpendiculaire à l'axe optique.

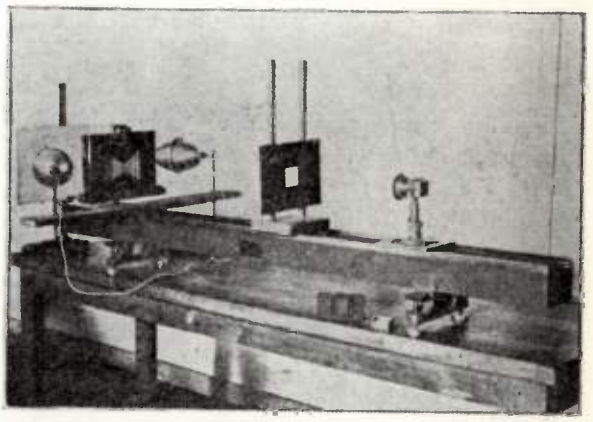


FIG. 3

Le châssis spécial est conçu pour pouvoir enregistrer 6 images sur une plaque 6.5 × 9 cm.

Exécution des clichés : mode opératoire.

La mire (fig. 1) est réduite de façon à ce que les deux ou trois éléments les plus petits (n = 504, 450 et 401) ne laissent percevoir aucun détail, dans les meilleures conditions de pose et de développement ; il suffit pour cela d'amener la longueur étalon L à 5,8 mm environ.

Les échantillons 6,5 × 9 cm sont découpés dans des plaques 13 × 18 ou 18 × 24. Sur la même plaque, on enregistre 6 fois la mire en adoptant des poses en progression géométrique de raison 2. Une partie libre de la plaque est exposée ensuite sous un coin sensitométrique ou tout autre dispositif permettant d'établir après développement la courbe de noircissements de l'émulsion.

La composition spectrale de la lumière a été ramenée approximativement à 5 000° K en pla-

(3) Sur le cliché original, la longueur L mesure exactement 158,16 mm.

TABLEAU I. — *Lisibilités* % (Expériences C).

Clichés	Durées de développement	Poses en sec.	Période en μ												
			14,5	16,3	18,3	20,5	23,1	26	29,5	32,8	37	41,1	46,7	51,9	58,4
I	1 mn 30 s	2	—	—	—	—	—	10	20	35	45	60	70	85	95
		4	—	—	—	10	26	45	65	80	100	—	—	—	—
		8	6	20	34	45	60	80	95	—	—	—	—	—	—
		16	20	30	45	65	82	100	—	—	—	—	—	—	—
		32	15	25	40	55	70	90	—	—	—	—	—	—	—
		64	—	10	22	35	48	60	75	85	95	—	—	—	—
II	3 mn	2	—	—	—	—	10	25	40	60	75	95	—	—	—
		4	—	—	10	35	55	80	100	—	—	—	—	—	—
		8	—	15	34	50	70	90	—	—	—	—	—	—	—
		16	—	20	40	60	75	95	—	—	—	—	—	—	—
		32	—	5	20	35	55	70	90	—	—	—	—	—	—
		64	—	—	—	5	16	30	45	60	75	90	—	—	—
III	6 mn	1	—	—	—	—	—	—	—	5	10	15	30	55	85
		2	—	—	—	—	15	30	55	75	95	—	—	—	—
		4	—	15	30	50	60	75	90	—	—	—	—	—	—
		8	—	10	25	40	60	80	100	—	—	—	—	—	—
		16	—	—	15	35	55	90	—	—	—	—	—	—	—
		32	—	—	—	5	15	30	45	60	70	90	—	—	—

TABLEAU II. — *Lisibilités* % (Expériences E).

Clichés	Durées de développement	Poses en sec.	Période en μ											
			16,3	18,3	20,5	23,1	26	29,5	32,8	37	41,1	46,7	51,9	58,4
I	1 mn 30 s.	5	—	—	10	25	40	60	80	100	—	—	—	—
		10	—	10	30	45	70	90	—	—	—	—	—	—
		20	10	30	50	70	90	—	—	—	—	—	—	—
		40	5	25	42	60	80	95	—	—	—	—	—	—
		80	—	—	4	20	40	55	75	90	—	—	—	—
		160	—	—	—	—	4	15	30	45	60	75	90	—
II	3 mn	3	—	—	—	—	5	25	45	66	90	—	—	—
		6	—	—	10	25	45	60	80	95	—	—	—	—
		12	—	5	25	45	65	85	100	—	—	—	—	—
		24	—	—	20	40	60	75	90	100	—	—	—	—
		48	—	—	—	15	25	40	60	80	100	—	—	—
		96	—	—	—	—	—	5	20	35	50	60	80	95
III	6 mn	3	—	—	—	5	25	45	65	90	—	—	—	—
		6	—	10	20	35	50	70	90	—	—	—	—	—
		12	—	20	35	50	70	88	—	—	—	—	—	—
		24	—	—	15	30	50	65	80	95	—	—	—	—
		48	—	—	—	—	—	10	20	40	55	70	85	100
		96	(trop posé, lisible à partir de 58,4).											

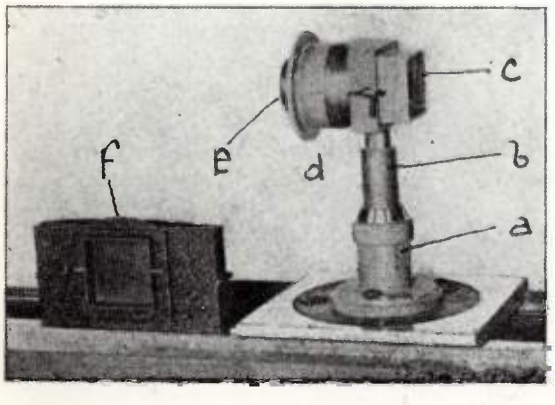


FIG. 4

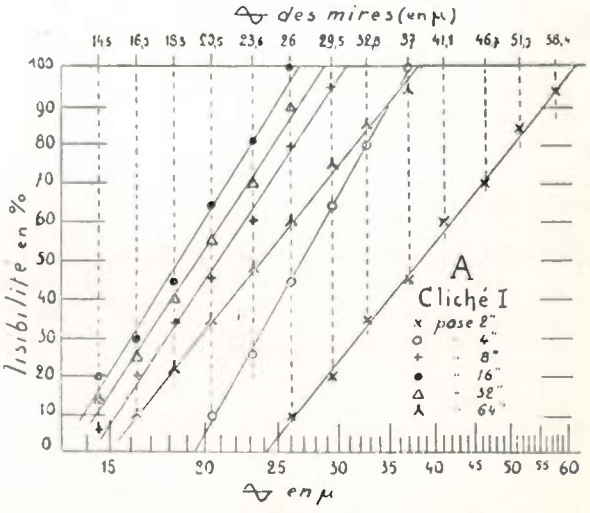


FIG. 5

çant dans la cuve une solution de bleu de toluidine et de noir Janus (noir vert) dont on a déterminé l'absorption au spectrophotomètre.

On a utilisé pour cette première série d'expériences un révélateur au génol-hydroquinone-carbonate de soude [4].

Chaque essai comprend 3 clichés de la même émulsion, développés respectivement 1 min. 30 sec., 3 min. et 6 minutes.

Il est évident que les valeurs de γ des différents clichés, développés le même temps, ne sont pas identiques : pour cette première série d'expériences, l'égalité de γ ne présente qu'un intérêt secondaire, étant donné le caractère très différent des émulsions expérimentées ; de plus, les variations de position des courbes représentées par les figures 6 et 7 permettent d'obtenir par interpolation toutes valeurs intermédiaires.

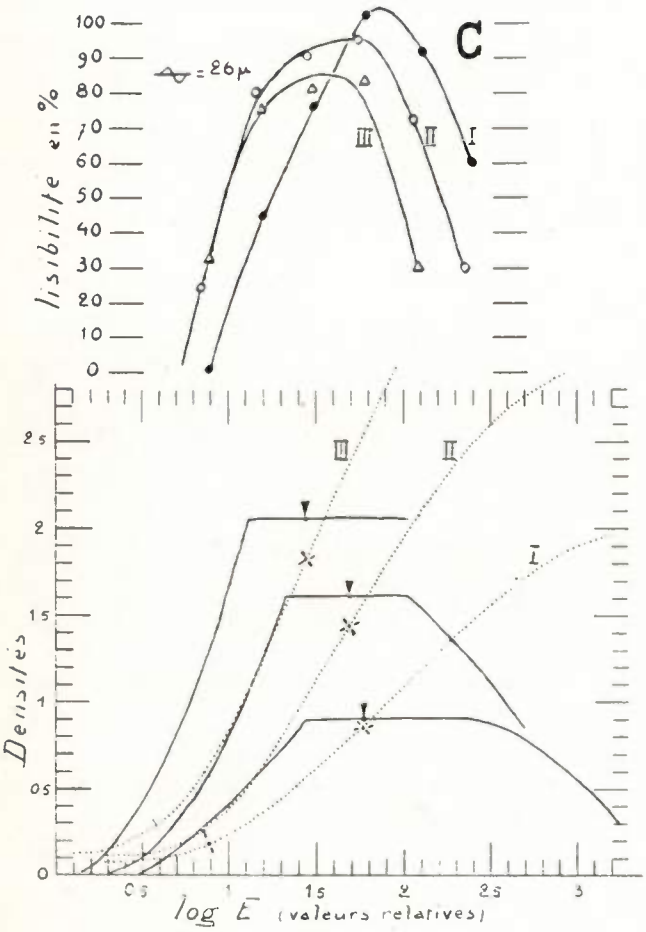


FIG. 6

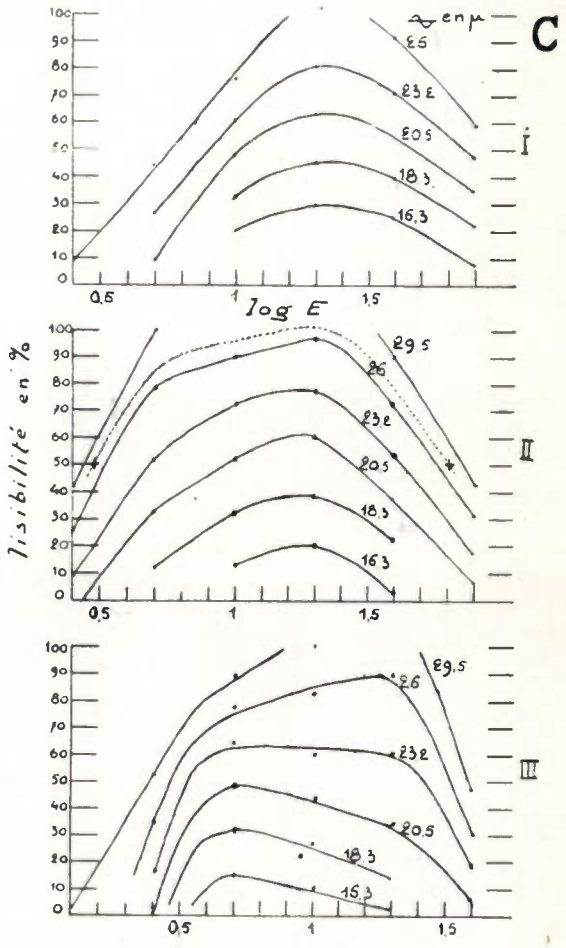


FIG. 7

Emulsions expérimentées.

Les essais ont porté sur plusieurs émulsions dites « négatives », parmi lesquelles nous citerons à titre d'exemple, les deux suivantes :

C — Plaque « Aviation » *Grieshaber*, émulsion orthochromatique, très sensible.

E — Plaque « Super Aviachrom » *Crumière*, orthochromatique d'une grande sensibilité.

Les émulsions expérimentées présentent une granulation et un pouvoir résolvant très différents, mais les observations faites montrent qu'elles suivent toutes les mêmes lois énoncées ci-après.

Résultats d'essais.

Le pouvoir résolvant est « mesuré » par lecture au microscope du nombre de lettres et chiffres lisibles sur chaque élément de mire.

De nombreux essais, qu'il serait trop long de décrire ici, ont montré que la meilleure lisibilité était obtenue avec un grossissement de 40 diamètres [5]. A cette amplification, la granulation est très apparente mais les grains d'argent ne sont pas nettement séparés, de sorte que leur groupement laisse percevoir la forme du signe qu'ils sont chargés de traduire.

Les résultats de « lecture » sont portés sur des feuilles, ou « tableaux de relèvement », comprenant des rectangles divisés en 24 cases dans les-

(4) *Science et Industries photographiques* [1] t. 7 A n° 7 juillet 1927, p. 61 (Formule unifiée des fabricants français).

(5) Cette indication est en accord avec les observations de O. SANDVIK, *Sc et Ind. phot.* [1], t. 7 B, avril 1917 p. 73 ; t. 8 M, avril juin, octobre et novembre 1928, pp. 18 27, 41 et 45 ; t. 8 B, novembre 1928, p. 206.

quelles on porte, à leur place respective, les lettres ou chiffres lisibles sur chaque élément du cliché. Il suffit ensuite de faire la somme des lettres et chiffres lus par élément et d'appliquer le coefficient 4 pour avoir le pourcentage de lisibilité (à 4 % près par défaut : $24 \times 4 = 96$ %).

Les « tableaux de relèvement » ne présentent aucun intérêt en dehors de la répartition et de la fréquence des lettres et chiffres lisibles, aussi a-t-on condensé les résultats dans les tableaux I et II. La première colonne indique la référence du cliché correspondant à une durée de développement portée en regard dans la colonne suivante. Chaque cliché comporte 6 images dont les poses sont indiquées dans la troisième colonne, et enfin les pourcentages de lisibilité sont indiqués en fonction du temps de pose et la période équivalente au nombre n, dont la valeur a été calculée comme indiqué plus haut.

Caractéristiques à rechercher.

Le résultat de ces essais constitue un premier élément d'appréciation et permet d'établir les lois générales des variations du pouvoir résolvant et les relations entre le pouvoir résolvant maximum et la courbe de noircissements de l'émulsion pour diverses durées de développement.

Représentation graphique des résultats.

Pour mettre en évidence les caractéristiques à rechercher, il est nécessaire de transposer les mesures sous forme de graphiques.

En premier lieu, il importe de savoir si le pourcentage de lisibilité suit une loi définie. A cet effet, on a tracé la figure 5 sur laquelle les ordonnées représentent les lisibilités % et les abscisses supérieures les log. des périodes équivalentes. Prenons, par exemple, le résultat des mesures faites sur le cliché 1 (émulsion C développée 1 min. 30 sec.) : pour une pose de 2 sec., le pouvoir résolvant varie de 0 à 100 % quand la période équivalente passe de 25 à 60 μ ; de même, la lisibilité passe de 0 à 100 % entre 20 et 37 μ pour 4 sec. de pose, et ainsi de suite. Si l'on porte sur le graphique (fig.

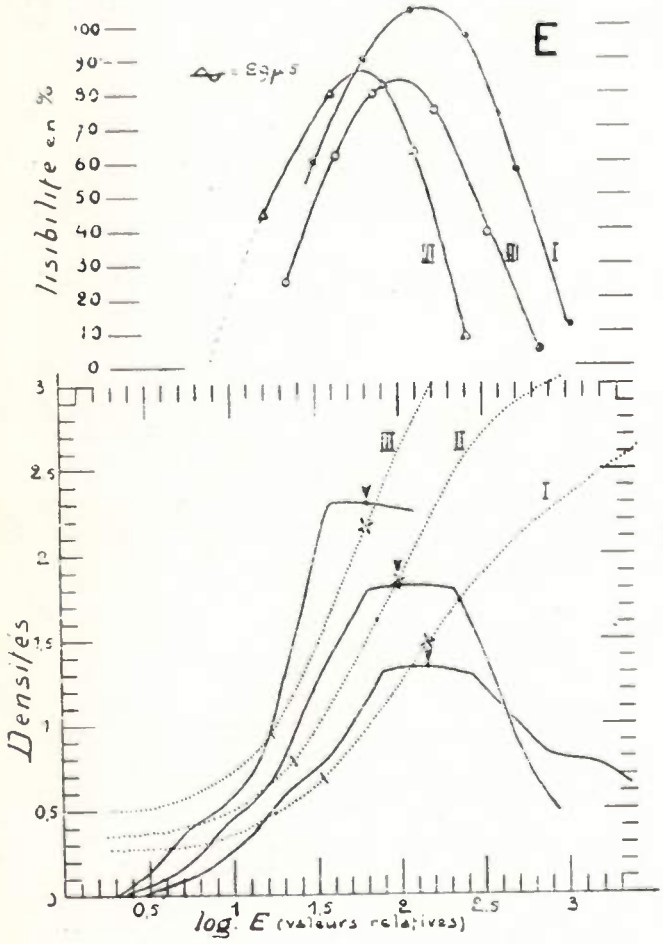


FIG. 6a[7]

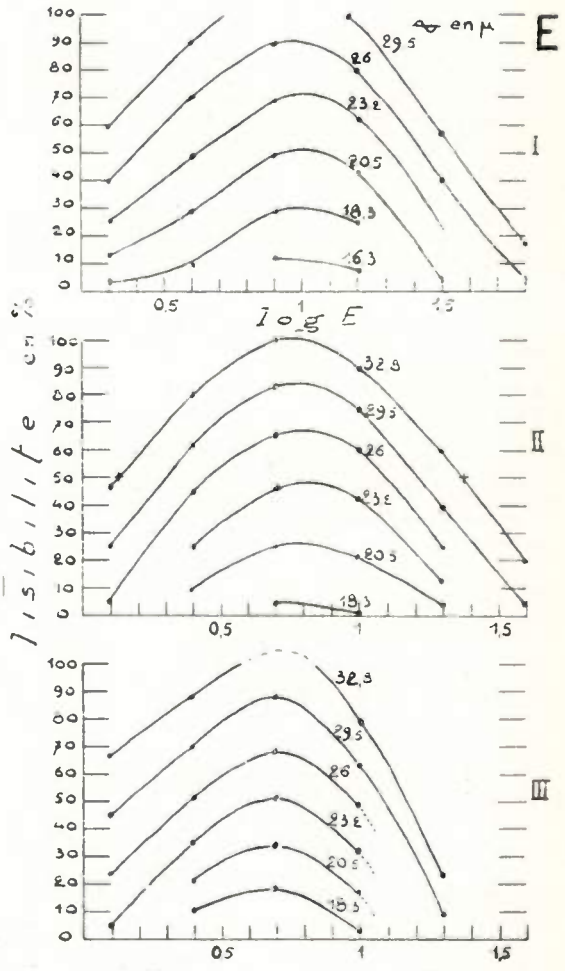


FIG. 7a

(6) Ces résultats sont à rapprocher des constatations faites par O. SANDVIK sur les variations du pouvoir résolvant en fonction du log. du rapport entre la largeur des traits opaques et la largeur des intervalles transparents (*Sc et Ind phot.* [1], t. 7 R, avril 1927, p. 73).

(7) Les courbes sont définies par des pointés espacés de 0,3 (en log. des luminations) du fait que les temps de pose sont en progression géométrique de raison 2.

5) les valeurs du pourcentage correspondant à chaque période pour une pose déterminée, on constate que les pointés s'échelonnent à très peu près sur une droite [6]. Les mêmes résultats sont obtenus, à peu de chose près, avec toutes les émulsions, quelle que soit la durée du développement.

On en tire la conclusion suivante : *Le pourcentage de lisibilité (ou de netteté) est proportionnel au log. de la période, pour une lumination donnée, au voisinage du pouvoir résolvant maximum limite. Le facteur de proportionnalité est variable d'une émulsion à une autre.*

Influence des luminations.

L'influence des luminations apparaît nettement [7] sur les figures 6 (C et E) où les ordonnées représentent la lisibilité % et les abscisses de log. de la lumination.

Les courbes sont obtenues en prenant sur les tableaux I et II les pourcentages inscrits sur chaque colonne se rapportant à une même période (indiquée sur les courbes) ; les groupes I, II et III correspondent aux trois durées de développement adoptées.

Sur les groupes II, la courbe en pointillé est obtenue par interpolation, son point culminant étant amené arbitrairement à 100 % afin de pouvoir comparer entre elles les caractéristiques communes aux différentes émulsions expérimentées.

En appelant log E_m le log. de la lumination correspondant au sommet des courbes en pointillé, on constate que la lisibilité diminue de 50 % pour log $e = \log E_m \pm 0.6$ (moyenne déduite des expériences faites sur 12 émulsions différentes).

On peut dire, en première approximation, que la perte de netteté est symétrique de part et d'autre du maximum E_m.

Les figures 7 (C et E) sont, en quelque sorte, le résumé graphique des essais. La partie inférieure représente les trois courbes de noircissements (traits pointillés) et leurs dérivées premières $d\,D/d\log E$ (traits pleins) pour les trois durées de développement adoptées. La partie supérieure représente les trois courbes de lisibilité prises respectivement sur les groupes I, II et III de chaque figure et se rapportant à une même période équivalente, indiquée sur la figure.

Les log. des luminations ont même valeur pour les courbes supérieures et inférieures ; la projection du sommet de chaque courbe de lisibilité est marquée par *une croix* sur la courbe de noircissements correspondante, et par *une flèche* sur la courbe de la dérivée première.

Il ressort des figures 7 que *le maximum des lisibilités correspond sur la courbe de noircissements à la région de pente maximum, tout au moins pour l'ensemble des émulsions expérimentées et pour un sujet (ou une mire) dont le contraste est au moins égal à* 100.

Corrélativement, cette région détermine la limite supérieure des luminations admissibles, si le maximum de netteté est la condition essentielle à réaliser.

O. Sandvik (*loc. cit.*) a constaté que le pouvoir résolvant n'augmente plus si le contraste de la mire est supérieur à 50 : 1 ($\Delta_1 - \Delta_2 = 1{,}7$) ; en conséquence, plus le contraste diminue, plus les luminations doivent être faibles si l'on ne veut pas voir « les noirs manger les blancs » sous l'effet de l'irradiation.

Le début de la région de pente maximum correspond donc à une lumination critique. Cette région mérite une attention particulière, car elle est le centre d'un déplacement dissymétrique des courbes de lisibilité, phénomène important qui montre l'influence connexe de l'irradiation et de la durée du développement.

Examinons les courbes de lisibilité (figures 7) ; les régions qui descendent vers les fortes luminations s'abaissent et se décalent vers la gauche, d'où résulte une perte très appréciable de netteté ; par contre, les régions dirigées vers les plus faibles luminations s'enchevêtrent et parfois se confondent.

Influence de la durée du développement.

L'action prolongée du révélateur a une influence très variable sur la netteté, suivant que l'on est au delà ou en deçà d'une lumination critique dont la valeur est définie ci-dessus.

Il n'est guère possible, quant à présent, de formuler d'autres conclusions, si ce n'est l'avantage marqué d'un développement assez court.

Définition du pouvoir résolvant maximum.

La définition précise du pouvoir résolvant présente autant de difficultés que la détermination de la rapidité d'une émulsion.

Les résultats indiqués ci-dessus permettent de définir le pouvoir résolvant par deux nombres correspondant respectivement à la période de netteté zéro et la période de netteté complète (100 %) puisque toutes les valeurs intermédiaires suivent à peu de chose près une loi définie.

La limite inférieure du contraste capable de fournir la meilleure résolution est également connue (50 : 1).

La lumination optimum, si elle ne peut être définie par un nombre précis, se situe dans une région facile à repérer par la dérivée première des courbes de noircissements.

La durée de développement et la longueur d'onde de la lumière sont deux facteurs dont l'influence est difficile à préciser, car ils dépendent essentiellement de caractéristiques particulières, très variables d'un type d'émulsion à l'autre : l'aptitude à donner des contrastes plus ou moins grands pour une même durée de développement, la sensibilité chromatique plus ou moins étendue, et la coloration de la couche sensible.

En conséquence, la définition suivante semble rationnelle :

On appelle pouvoir résolvant limite la valeur des périodes équivalentes extrêmes entre lesquelles la netteté varie de 0 *à* 100 %, *les déterminations étant faites à partir d'un sujet dont le contraste est au moins égal à* 50 : 1, *la lumination adoptée correspondant à la région de pente maximum sur la courbe de noircissements.*

LES SYSTÈMES DE TRANSMISSION DE TÉLÉVISION A BANDES LATÉRALES ASYMÉTRIQUES (1)

PAR

L. BOURASSIN

Ingénieur Chef de Section à la Société la Radiotechnique

II-2-3. — *Transmission d'un signal composite formé d'échelons.*

Le signal appliqué à l'entrée du modulateur est celui de la fig. 30.

Il correspond à la somme de 3 impulsions unités positives,

l'une d'amplitude V_0 commençant à l'instant t_0

l'autre d'amplitude V_1 commençant à l'instant t_1

la 3e d'amplitude V_2 commençant à l'instant t_2

Le principe de superposition permet d'établir les formules données dans l'annexe VII-4. Les signaux correspondant à chacun des 3 niveaux de modulation sont tracés fig. 31 ; en traits pleins nous avons le signal « normal » (fig. 31*a*, 31*a'*, 31*a''*) ; en traits pointillés, nous avons le signal « résultant » (fig. 31*b*, 31*b'*, 31*b''*) ; le signal « parasite » correspondant à chaque niveau de modulation est tracé fig. 32, l'amplitude relative de ce signal dépend des amplitudes relatives V_0, V_1 V_2 des 3 échelons. Parmi les

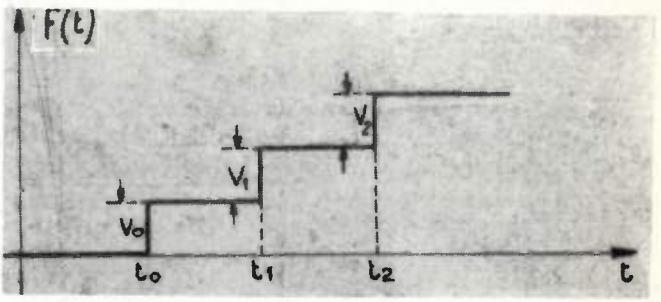


FIG. 30

fig. 31, *b*, *b'*, *b''* qui représentent le signal « résultant» le signal le plus affecté est celui de la fig. 31*b*, signal représentant l'échelon V_0, ceci montre bien que le rôle de la composante parasite en quadrature est d'autant plus néfaste que le taux de modulation est élevé. Pour V_0 le taux de modulation est $m = 100\ \%$, en effet $m\ \% = \dfrac{V_0 - 0}{V_0 + 0} \cdot 100 = 100\ \%$.

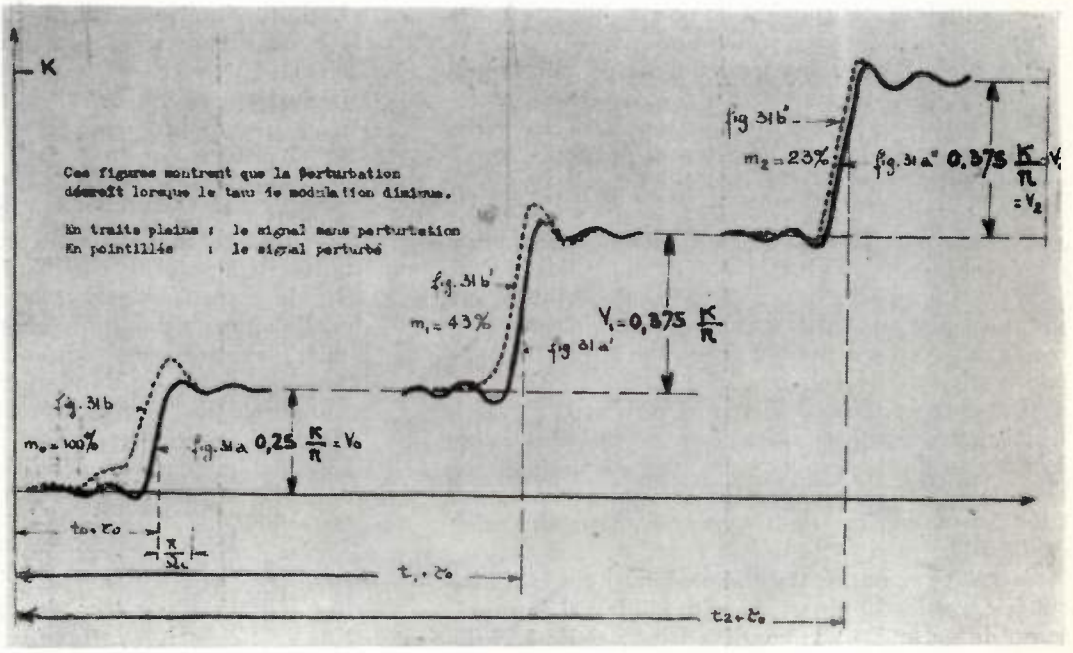

K
Ces figures montrent que la perturbation décroît lorsque le taux de modulation diminue.
En traits pleins : le signal sans perturbation
En pointillés : le signal perturbé
fig. 31b
m0 = 100%
fig. 31a 0,25 K/π = V0
fig. 31b'
m1 = 43%
fig. 31a'
V1 = 0,375 K/π
fig. 31b''
m2 = 23%
fig. 31a'' 0,375 K/π = V2
t0 + τ0
t1 + τ0
t2 + τ0

FIG. 31. — Les fig. 31 *a*, 31 *a'* 31 *a''* représentent le signal « normal » pour les échelons V_0 V_1 V_2.

Les fig. 31 *b*, 31 *b'* 31 *b''* représentent le signal « résultant » pour les échelons V_0 V_1 V_2 correspondant au signal de la fig. 30 ; le rapport de dissymétrie est $d = 8$ la profondeur de modulation prend les valeurs suivantes :

pour V_0 m = 100 %
pour V_1 m = 44 %
pour V_2 m = 23 %

Ces figures montrent que la perturbation décroît lorsque le taux de modulation diminue. En traits pleins : le signal sans perturbation ; en pointillés : le signal perturbé.

(1) Suite de la Conférence faite à la Sorbonne le 19 décembre 1953 ; voir le début dans l'Onde Electrique n° 332 de novembre 1954.

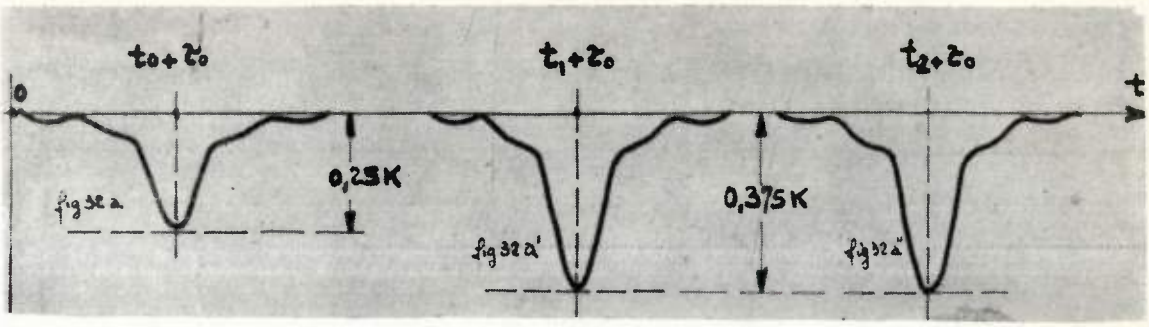


FIG. 32. — Signaux « parasites » correspondant respectivement aux échelons V_0, V_1, V_2, de la fig. 31.

II-2-4. — *Transmission d'un détail isolé.*

Le signal appliqué à l'entrée du modulateur a la forme indiquée fig. 33, soit $f(t)$, ce signal, sa décomposition en signaux élémentaires est donné fig. 33 *bis*.

On calcule les signaux suivants (annexe VII-4).

1° Signal provenant du passage de $f(t)$ à travers le système symétrique $A_2(\omega)$ soit $G_2(t)$ ce signal :

$$G_2(t) = P(t) \cdot \cos \omega_p t \tag{25}$$

2° Signal provenant du passage de $f(t)$ à travers le système antisymétrique $A_3(\omega)$

soit $G_3(t)$ ce signal :

$$G_3(t) = Q(t) \cdot \sin \omega_p t \tag{26}$$

Le signal « résultant » appliqué à l'entrée du détecteur idéal s'écrira :

$$G_1(t) = G_2(t) + G_3(t)$$

$$G_1(t) = \sqrt{P^2(t) + Q^2(t)} \cdot \cos(\omega_p t + \psi) \tag{27}$$

$$G_1(t) = F(t) \cos(\omega_p t + \psi)$$

$$\text{ou : } \psi = \text{arc tg} \frac{-P(t)}{Q(t)}$$

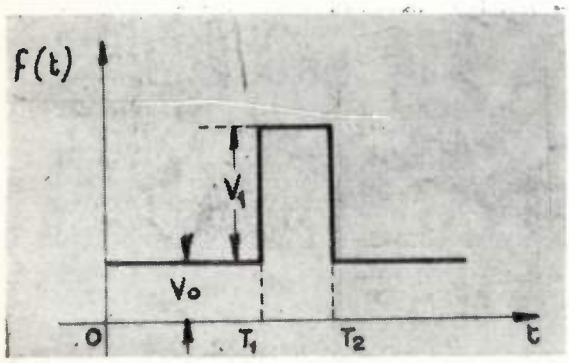


FIG. 33.

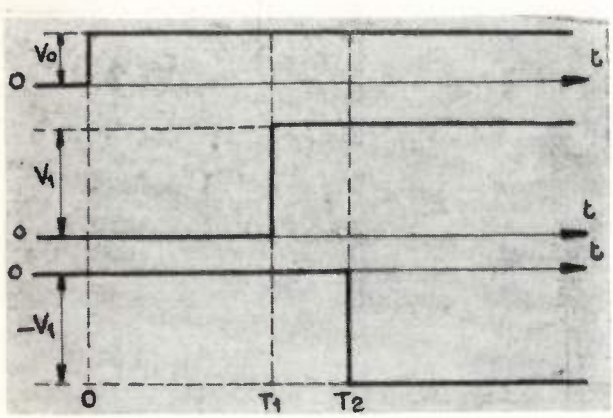


FIG. 33 *bis*.

Les fig. 34, 35 et 36 donnent respectivement les signaux $P(t)$, $Q(t)$ et $F(t)$ pour $T_2 - T_1 = \frac{\pi}{\Omega_c}$ et $T_1 - 0 > 10 \frac{\pi}{\Omega_c}$ avec $V_0 = \frac{1}{4}$ et $V_1 = \frac{3}{4}$.

Le système de transmission de $P(t)$ a pour bande $\pm \Omega_c$ celui de $Q(t)$ a pour bande $-\Omega_q$, $+\Omega_c$ avec $\frac{\Omega_c}{\Omega_q} = 8$.

Le signal $P(t)$ est en trait plein fig. 34, il atteint son maximum au milieu de l'impulsion $f(t)$.

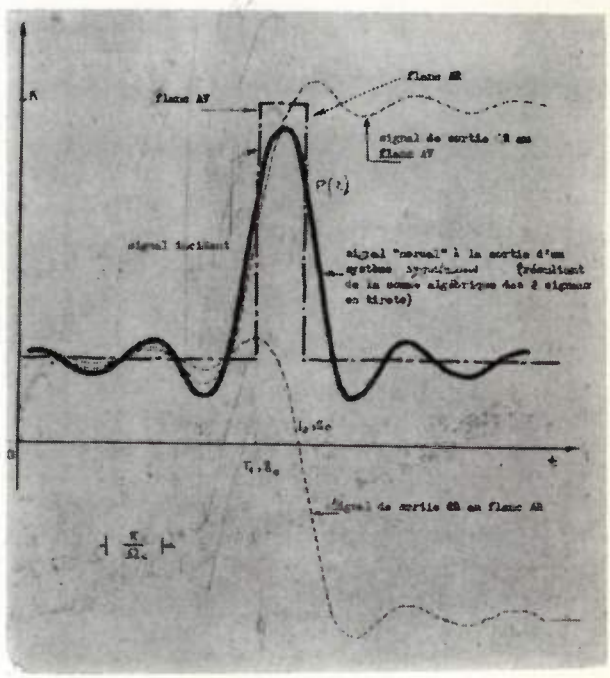

flanc AV
flanc AR
signal de sortie AR en flanc AV
P(t)
signal incident
signal "normal" à la sortie d'un système symétrique (résultant de la somme algébrique des 2 signaux en tirets)
0
t

FIG. 34. — $P(t)$ représente un signal « normal » pour une profondeur de modulation m = 60 % à travers un système symétrique.

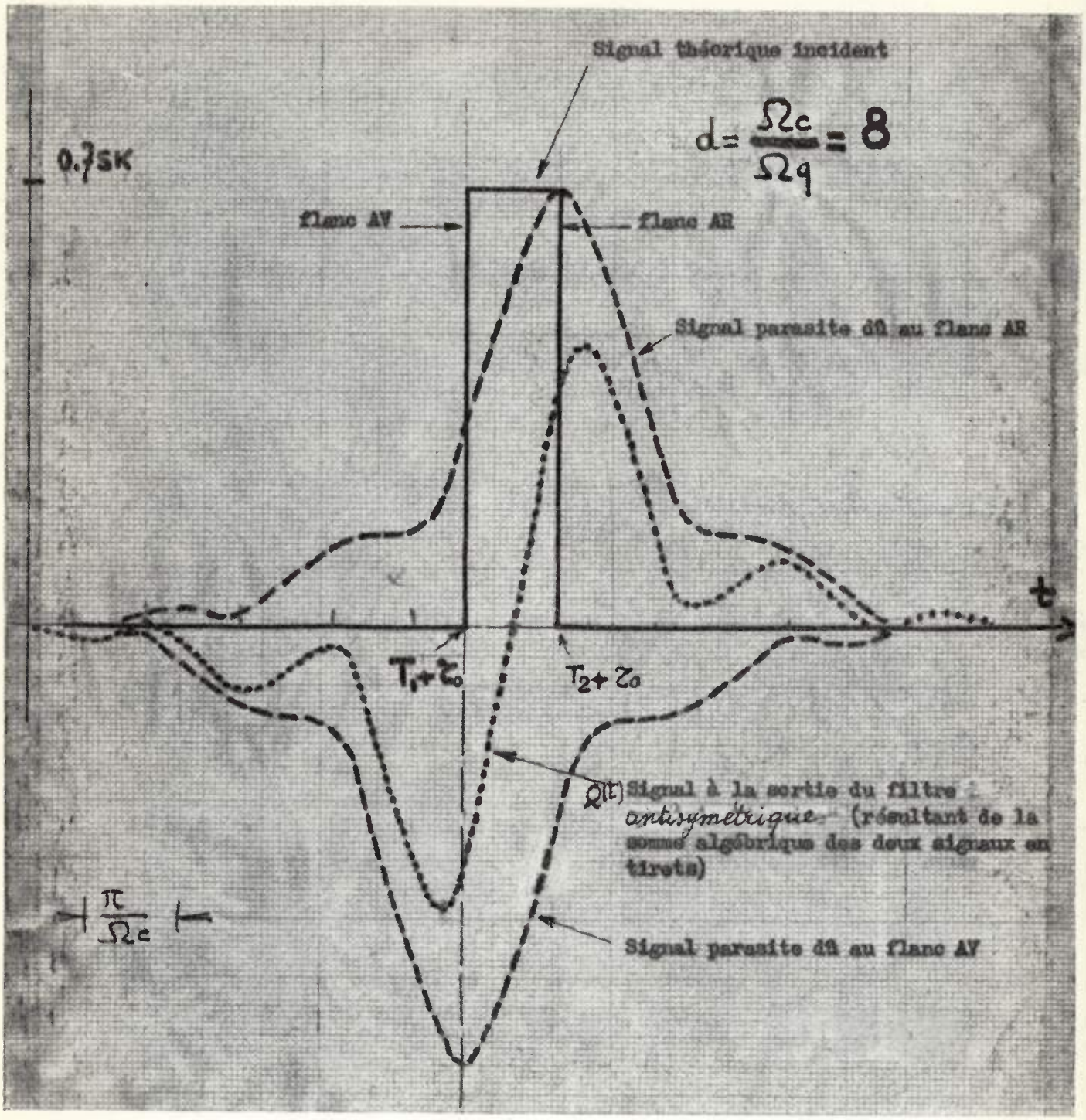


FIG. 35. — $Q(t)$ représente le signal « parasite » correspondant au signal « normal » de la fig. 34. pour $d = 8$.

Sur la fig. 35, le signal $Q(t)$ est tracé en trait pointillé pour $\frac{\Omega_c}{\Omega_q} = 8$.

Il prend une valeur nulle au milieu de l'impulsion $f(t)$ tracée en trait plein sur cette figure.

Les signaux parasites donnant naissance à $Q(t)$ sont ceux qui correspondent respectivement aux fronts avant et arrière de $f(t)$; ils sont indiqués par des lignes en tirets, Nous voyons immédiatement sur cette figure que le signal parasite $Q(t)$ est moins important que l'un quelconque des signaux parasites qui le constituent. *En conséquence, l'impulsion $f(t)$ de durée $\frac{\pi}{\Omega_c}$ aura son front avant moins affecté par le signal parasite en quadrature que ne le serait le flanc d'un signal unité.*

La fig. 36 donne le signal résultant $F(t)$ pour $\frac{\Omega_c}{\Omega_q} = 8$ et $m = 60\ \%$.

La bande passante totale de l'émetteur étant égale à $\Omega_c + \Omega_q$ on peut chercher quelle serait la forme d'une impulsion transmise dans un système à bandes

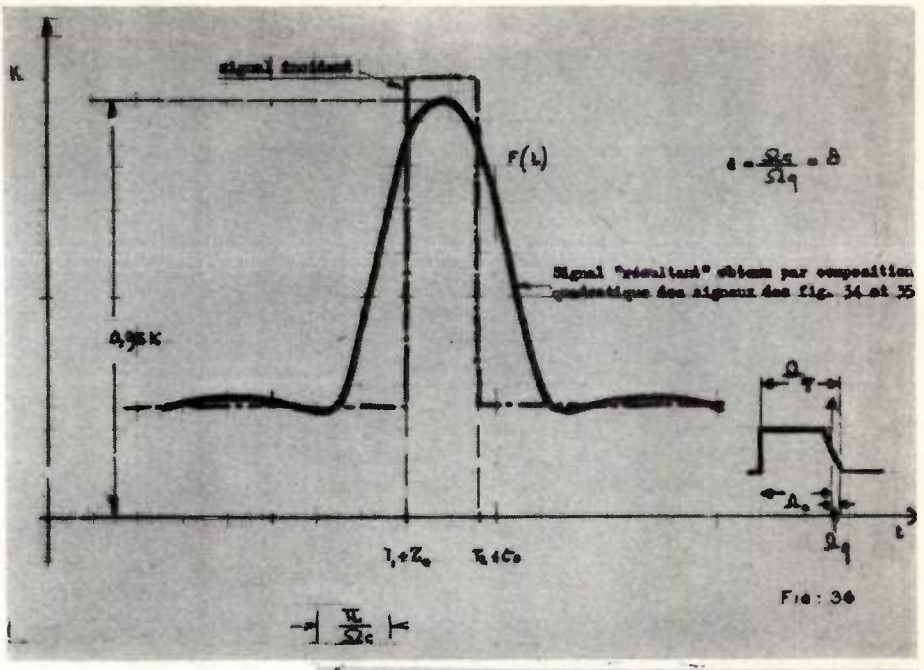


Fig. 36. — $F(t)$ représente le signal « résultant » correspondant à la transmission d'une impulsion de durée $\frac{\pi}{\Omega_c}$ pour $m = 60\,\%$ dans un système de transmission asymétrique ($d = 8$) dont la plage de fréquences est $\Omega_c + \Omega_q$.

Le signal incident, rectangulaire est en trait mixte. Le signal résultant obtenu par composition quadratique des signaux des fig. 34 et 35 est en trait plein.

latérales symétriques d'encombrement total $\Omega_c + \Omega_q$ pour $\frac{\Omega_c}{\Omega_q} = 8$.

La fig. 37 donne ce signal, il est intéressant de comparer les signaux des fig. 36 et 37 ; il apparaît que le système à bandes asymétriques retransmet mieux une impulsion que celui à bandes symétriques ayant même plage de fréquence, ce dernier donne un écrasement de l'impulsion (élargissement et diminution de l'amplitude).

II-2-5. — *Transmission de détails successifs.*

Le signal appliqué au modulateur a la forme indiquée fig. 38.

On en déduit les signaux suivants :

$G_2(t) = P(t) \cos \omega_p t$, signal normal provenant du passage à travers le système symétrique. Le signal $P(t)$ est donné en pointillé fig. 39. Le signal initial $f(t)$ est en traits pleins, on a posé $T_2 - T_1 = \frac{\pi}{\Omega_c}$.

$G_3(t) = Q(t) \sin \omega_p t$, signal parasite en quadrature provenant du passage à travers le système antisymétrique. Le signal $Q(t)$ est donné en pointillé fig. 40 pour $\frac{\Omega_c}{\Omega_q} = 8$ avec $T_2 - T_1 = \frac{\pi}{\Omega_c}$.

Le signal résultant $G_1(t) = G_2(t) + G_3(t) = F(t) \cos(\omega_p t + \psi)$ est donné fig. 41.

On remarque que le signal parasite $Q(t)$ est de très faible amplitude entre deux impulsions successives qui composent $f(t)$, il s'ensuit que la contribution du signal parasite au signal résultant $F(t)$ sera faible entre les impulsions, en conséquence, ce dernier (fig. 41), présente au temps $T_1 + \tau_0$ un flanc avant de la 1re impulsion à pente faible en raison de l'influence perturbatrice du signal parasite $Q(t)$ alors qu'au temps $T_2 + \tau_0$ le flanc arrière de cette impulsion a une pente très peu perturbée en raison de la

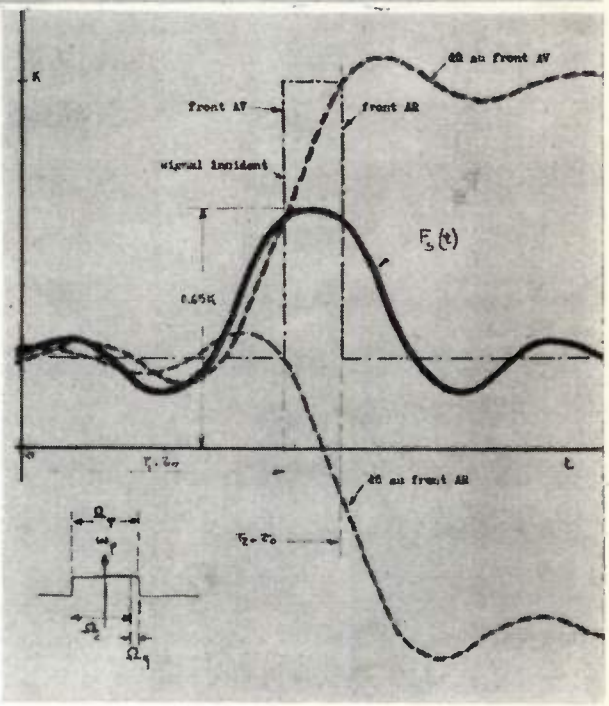


Fig. 37. — $F(t)$ représente le signal correspondant à la transmission d'une impulsion de durée $\frac{\pi}{\Omega_c}$ pour $m = 60\,\%$ dans un système de transmission symétrique dont la plage de fréquences est $\Omega_c + \Omega_q$ $\left(\text{avec : } \frac{\pi}{\Omega_c} = 8\right)$.

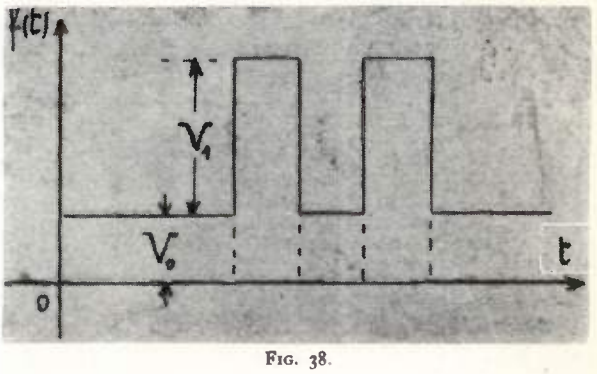


Fig. 38.

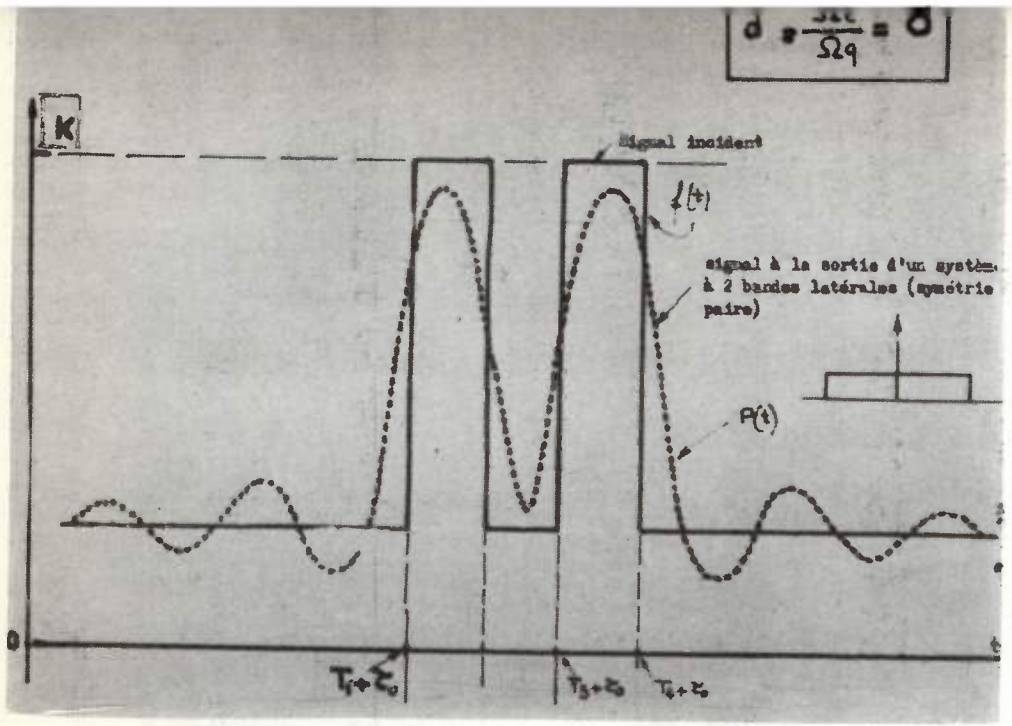


FIG. 39. — $P(t)$ représente un signal « normal » pour une profondeur de modulation $m = 60\ \%$.

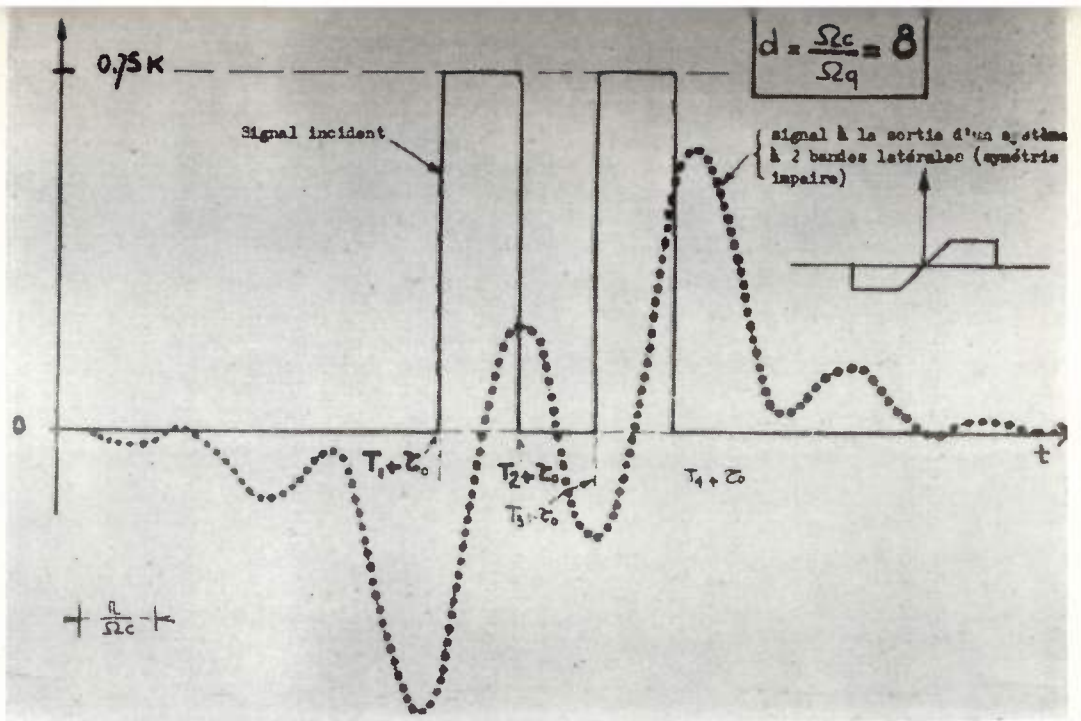


FIG. 40. — $Q(t)$ représente le signal « parasite » correspondant au signal « normal » de la fig. 39. La fonction $Q(t)$ est en trait pointillé.

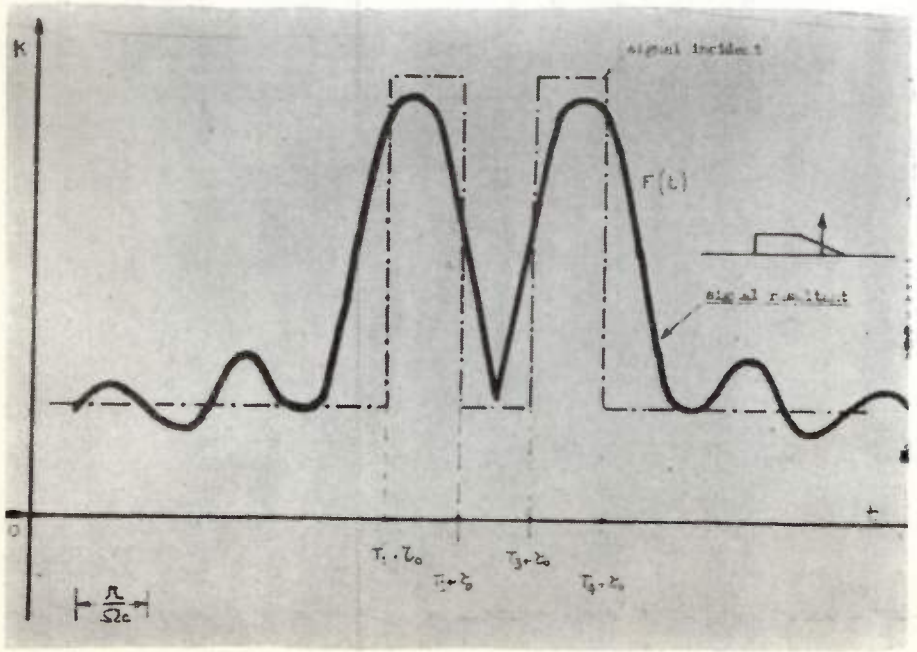


FIG. 41. — $F(t)$ représente le signal « résultant » correspondant à la transmision de 2 impulsions successives de durée $\frac{\pi}{\Omega_c}$ pour $m = 60\ \%$, dans un système de transmission asymétrique ($d = 8$) dont la

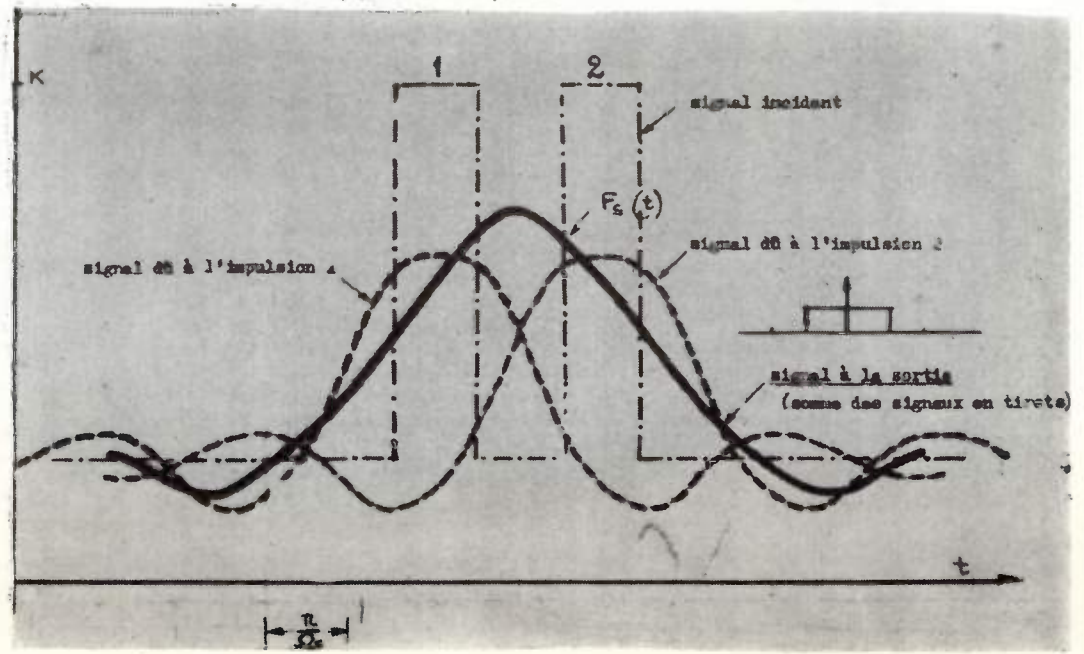
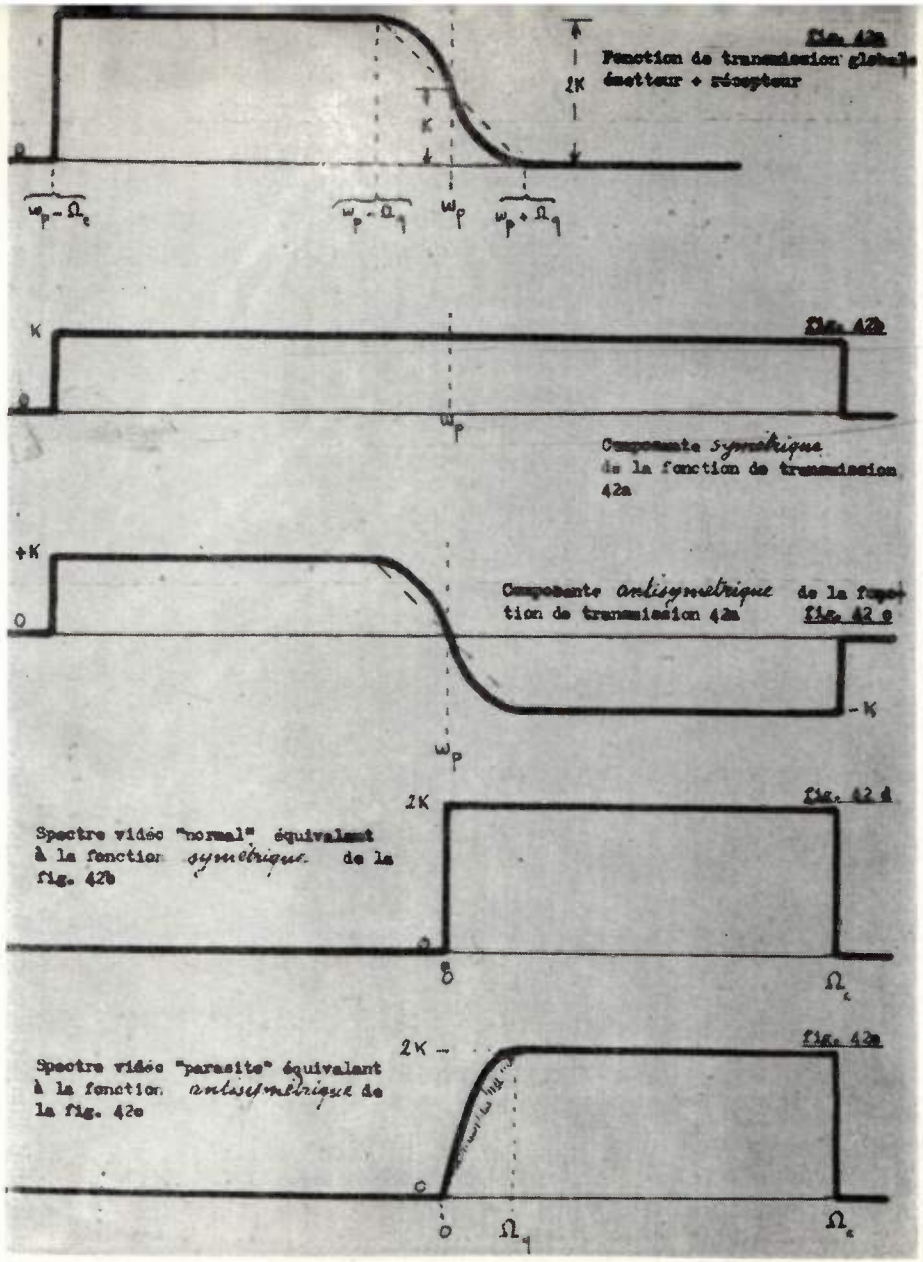


FIG. 41 *bis*. — $F_s(t)$ représente le signal correspondant à la transmission de 2 impulsions successives de durée $\frac{\pi}{\Omega_c}$ pour


Fonction de transmission globale émetteur + récepteur
2K
K
$\omega_p - \Omega_c$
$\omega_p - \Omega_1$
ω_p
$\omega_p + \Omega_1$
Composante symétrique de la fonction de transmission 42a
+K
Composante antisymétrique de la fonction de transmission 42a
-K
Spectre vidéo "normal" équivalent à la fonction symétrique de la fig. 42b
Spectre vidéo "parasite" équivalent à la fonction antisymétrique de la fig. 42c
Ω_1
Ω_c

De bas en haut : FIG. 42 *a* — 42 *b* — 42 *c*. — 42 *d* — 42 *e*.

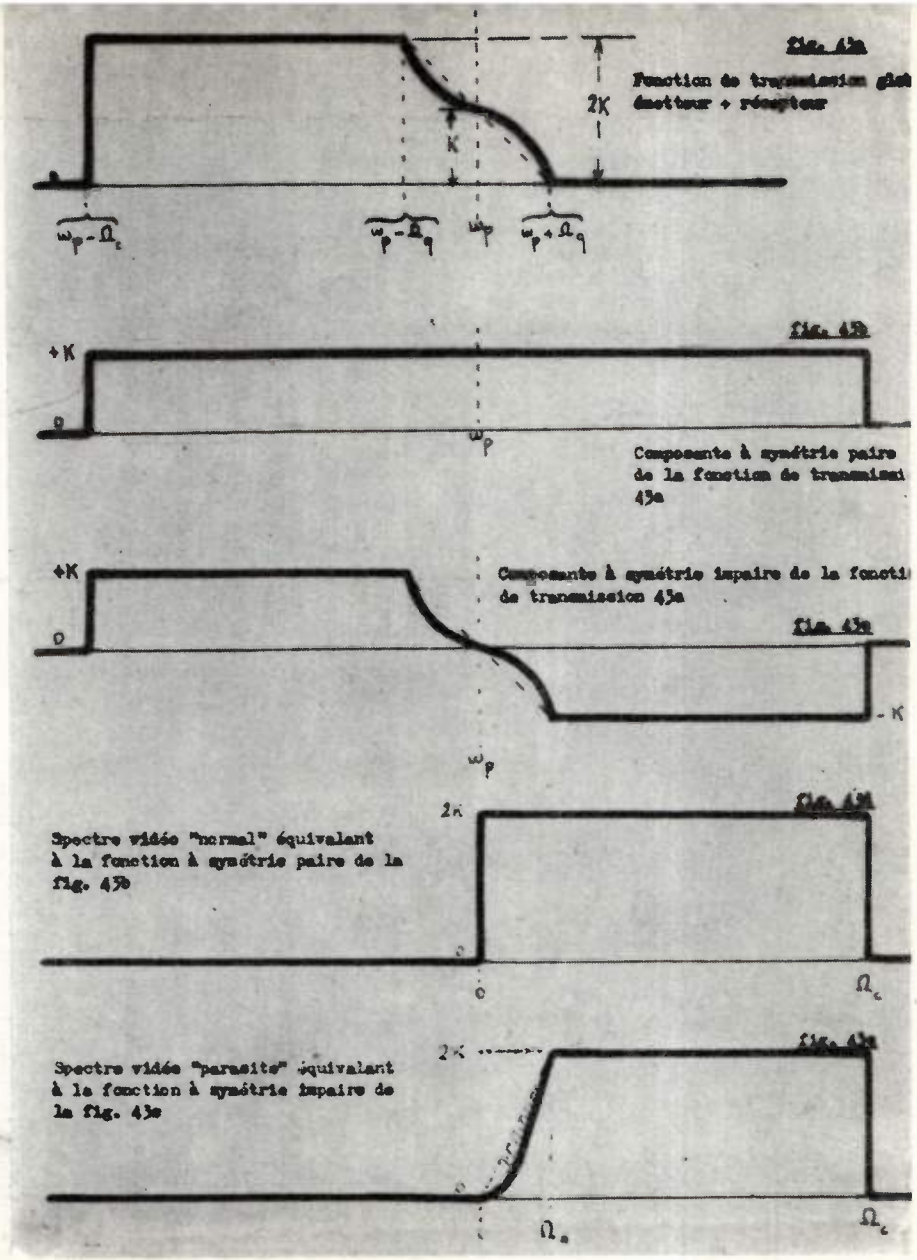
FIG. 42 *a* : fonction de transmission globale émetteur + récepteur.

FIG. 42 *b* : composante symétrique de la fonction de transmission 42 *a*.

FIG. 42 *c* : Composante antisymétrique de la fonction de transmission 42*a*.

FIG. 42 *d* : Spectre video « normal » équivalent à la fonction symétrique de la figure 42 *b*.

FIG. 42 *e* : Spectre video « parasite » équivalent à la fonction antisymétrique de la figure 42 *c*.


2K
K
$\omega_p - \Omega_c$
$\omega_p - \Omega_1$
ω_p
$\omega_p + \Omega_1$
+K
Composante à symétrie paire de la fonction de transmission 43a
Composante à symétrie impaire de la fonction de transmission 43a
-K
Spectre vidéo "normal" équivalent à la fonction à symétrie paire de la fig. 43b
Spectre vidéo "parasite" équivalent à la fonction à symétrie impaire de la fig. 43c
Ω_a
Ω_c

De bas en haut : FIG. 43 *a* — 43 *b* — 43 *c* — 43 *d* — 43 *e*

FIG. 43 *a*. — Fonction de transmission globale émetteur + récepteur.

FIG. 43 *b*. — Composante à symétrie paire de la fonction de transmission 43 *a*.

FIG. 43 *c* : Composante à symétrie impaire de la fonction de transmission 43 *a*.

FIG. 43 *d* : Spectre video « normal » équivalent à la fonction à symétrie paire de la fig. 43 *b*.

FIG. 43 *e*. — Spectre video « parasite » équivalent à la fonction à symétrie impaire de la fig. 43 *c*.

faible valeur de Q (t) à cet instant. Il en est de même, pour une raison identique, du flanc avant de la seconde impulsion commençant au temps $T_3 + \tau_0$ alors que le flanc arrière de cette seconde impulsion a, lui, une pente réduite en raison de l'importance que reprend Q (t) au temps $T_4 + \tau_0$.

On déduit du signal résultant F (t) que *le système à bande latérale résiduelle permet, même avec un rapport* $\frac{\Omega_c}{\Omega_q}$ *élevé et une profondeur de modulation importante, de séparer assez convenablement 2 impulsions successives ; c'est ce qui fait l'intérêt de ce système pour la mise en évidence des détails en télévision.*

Un système à 2 bandes latérales symétriques ayant une plage de fréquence

$$2\ \Omega_s = \Omega_c + \Omega_q$$

de même encombrement que le système asymétrique que nous venons d'examiner, donnerait en réponse au signal f (t) de la fig. 38, un signal $F_s(t)$ tel que celui de la fig. 41*bis*. L'examen simultané des fig. 41 et 41*bis* met en relief l'intérêt du système à bandes asymétriques pour la transmission de détails fins. Avec le système symétrique de plage de fréquence $\Omega_c + \Omega_q$, 2 impulsions successives de durée $\frac{\pi}{\Omega_c}$ séparées par un temps $\frac{\pi}{\Omega_c}$, sont confondues pour $d = 8$, ($m = 60\ \%$). Nous avons montré, fig. 26*d*. que pour ce rapport de dissymétrie et cette profondeur de modulation, le signal unité est bien plus sérieusement déformé que ne le sont les deux impulsions successives que nous venons d'examiner. *On peut conclure que ce sont les contours des images qui sont particulièrement affectés par un rapport de dissymétrie élevé aux fortes profondeurs de modulation.*

II-3. — Forme et position de la fonction de transmission par rapport à la fréquence porteuse (cas du système standardisé).

Nous allons étudier successivement :

II-3-1. — La distorsion d'un signal « unité » pour différentes formes de la fonction de transmission autour de la fréquence porteuse.

II-3-2. — l'influence sur les régimes transitoires, du niveau de la fréquence porteuse par rapport au maximum de la fonction de transmission globale.

II-3-1. — *Distorsion d'un signal « unité » pour différentes formes de la fonction de transmission autour de la fréquence porteuse.*

II-3-1-1. — Cas de la fonction de transfert de la fig. 42*a*.

On peut, à la fonction de transfert de la fig. 42*a*. substituer une fonction de transfert symétrique et une fonction de transfert antisymétrique telles que celles des fig. 42*b* et 42*c*. Le spectre de la fonction symétrique rapporté en video est donné sur la fig. 42*d*, celui de la fonction antisymétrique rapporté en vidéo est donné fig. 42*e*. Nous voyons que, dans ce cas, le spectre vidéo de la fonction antisymétrique, spectre qui traduit l'importance du signal parasite, est *supérieur* à ce qu'il serait si la fonction de transfert décroissait linéairement autour du point de porteuse (la surface hachurée indique la différence) ; bien que cet accroissement du spectre ne soit pas considérable, son importance est très grande parce qu'il a lieu vers les fréquences basses, or, on sait que la composition spectrale du signal-unité est telle que si l'on appelle F_0 la fréquence de récurence ligne, la distribution des composantes du signal détermine pour celles-ci une décroissance de l'amplitude en fonction de la fréquence suivant une branche d'hyperbole (voir fig. 42*f*).

En conséquence, les composantes dont la contribution est la plus importante, se trouvent moins affaiblies avec la coupure donnée fig. 42*a* qu'avec une coupure linéaire autour du point de porteuse. En effet, à la courbe de la fig. 42*a* correspond un accroissement de la contribution des fréquences basses du signal parasite ; il s'ensuit que si l'on compare la fonction de transfert de la fig. 42*a* à une fonction de transfert standardisée voir fig. 8) on remarque que les fonctions symétriques correspondant à chacune des fonctions de transfert que nous venons d'énoncer, sont identiques ; en conséquence, le signal normal sera identique, pour chacune d'elles, alors que les fonctions antisymétriques étant différentes, la différence ayant été montrée ci-dessus, le signal parasite sera augmenté par la fonction de transfert antisymétrique de la fig. 42*c*. Il y a donc lieu de ne pas utiliser une courbe de transfert correspondant à la fig. 42*a*.

Remarque. — La courbe 42*e* que nous avons utilisée pour déterminer les perturbations subies par le spectre du signal dans le canal antisymétrique peut s'appeler « courbe video équivalente ». Cette courbe doit être interprétée avec précautions parce qu'elle ne contient qu'une partie des informations données par la fonction qui l'a engendrée ; en particulier,

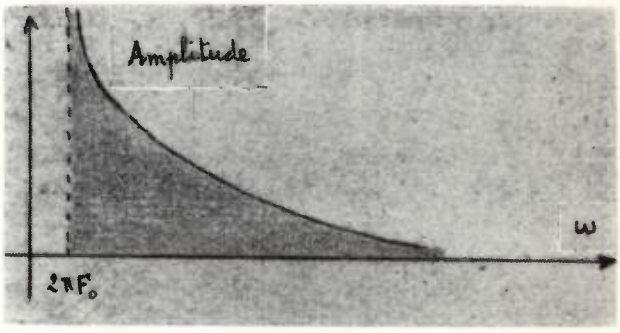


FIG. 42 *f*.

elle fait, d'une part, disparaître l'importante notion de symétrie, et, par suite, elle fait d'autre part disparaître l'influence de la profondeur de modulation qui, elle, intervient comme un élément non linéaire.

II-3-1-2. — Cas de la fonction de transfert de la fig. 43*a*.

La fonction de transfert de la fig. 43*a* peut être décomposée en 2 fonctions de transfert, l'une symétrique fig. 43*b*, l'autre antisymétrique fig. 43*c*. A cette dernière correspond pour courbe video équivalente la courbe de la fig. 43*d*. Cette courbe indique

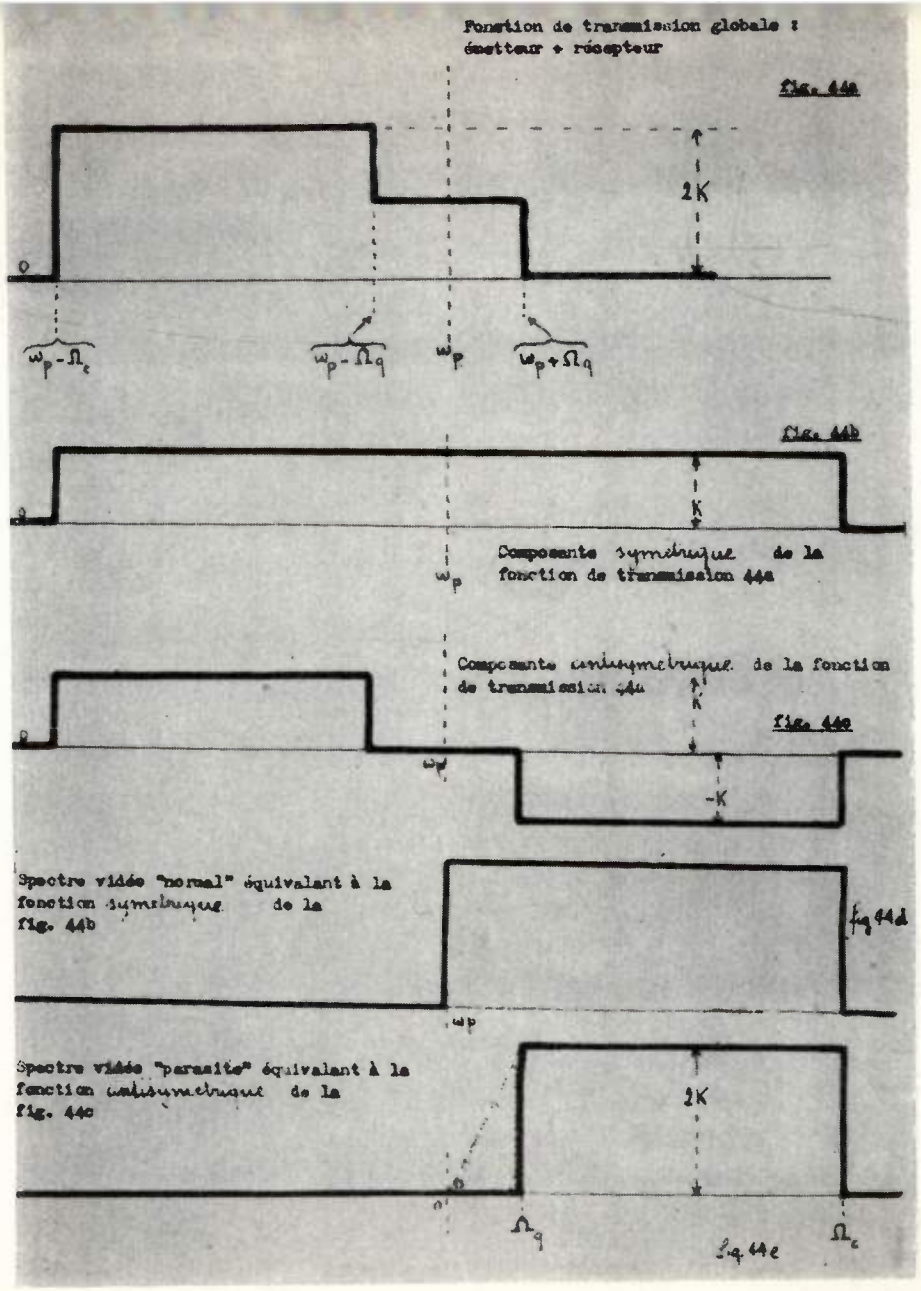
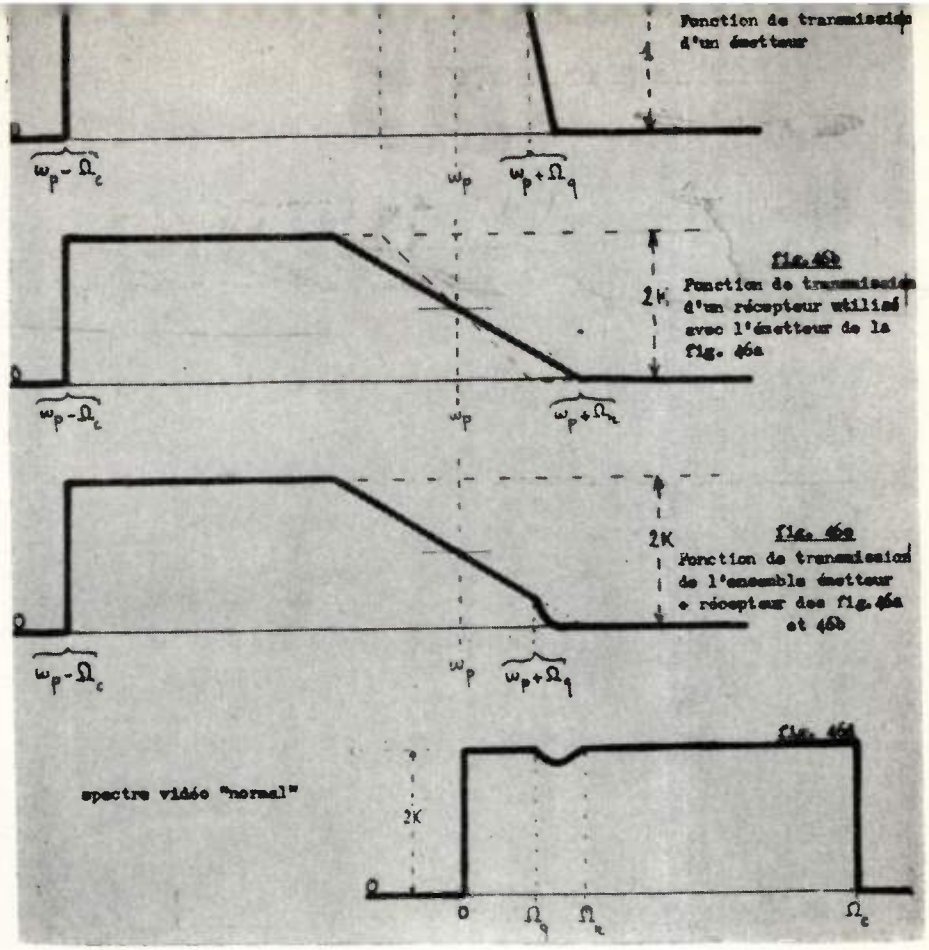


FIG. 44 *a*, 44 *b*, 44 *c*, 44 *d*, 44 *e*.

Voir : figures 47*a*, 47 *b*, 47 *c*, 47 *d*. — page 1029.



Cas d'une Fonction de Transmission de récepteur à « talon » trop long. (Fig. 46 *b*).

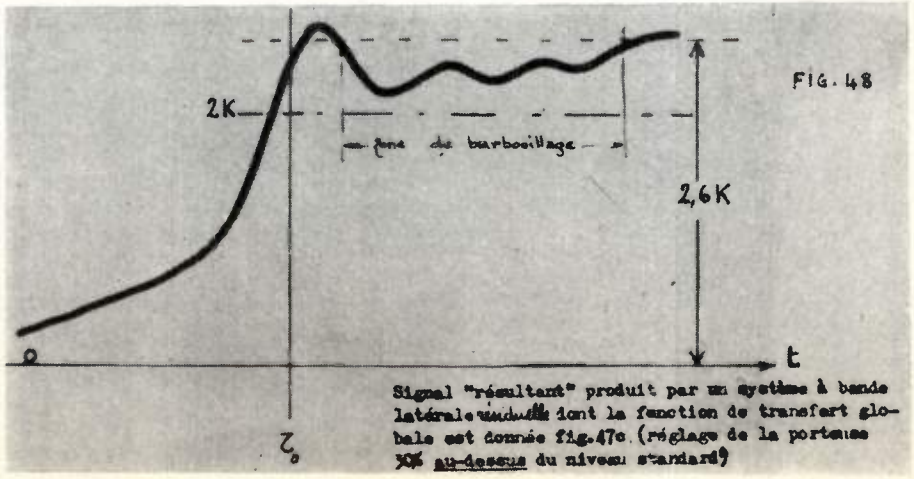


FIG. 48
2K
zone de barbouillage
2,6K
0
t
t_0
Signal "résultant" produit par un système à bande latérale unique dont la fonction de transfert globale est donnée fig. 47c (réglage de la portance 30% au-dessus du niveau standard)

FIG. 48

que le spectre du signal parasite est *inférieur* à ce qu'il serait si la fonction de transfert décroissait linéairement autour du point de porteuse (la surface hachurée indique la différence), cette diminution du spectre du signal parasite contribue à la diminution de l'amplitude et de l'étalement de ce signal, et par conséquent à l'amélioration du signal « résultant ». Précisons ceci en examinant le cas limite de la fig. 44*a*, la courbe vidéo équivalente fig. 44*d* a un spectre plus réduit dans les basses fréquences que celui de la fig. 43*d*. Si nous examinons en détail le signal parasite correspondant à ce cas limite, nous voyons que ce signal donné habituellement par la somme de 3 fonctions se réduit à la somme de 2 fonctions, la 3e fonction

$$\frac{1}{\Omega_q\,(t-\tau_0-T_1)}\int_0^{\Omega_q\,(t-\tau_0-T_1)}\cos y\;dy$$

étant nulle puisqu'elle se trouve associée à la partie d'amplitude nulle de la fonction de transfert antisymétrique ($\omega = \pm\,\Omega_q$ — fig. 44*c*). Le signal parasite est alors tracé pour $d = 8$ fig. 45. En comparant cette fig. avec la fig. 20 où le signal parasite

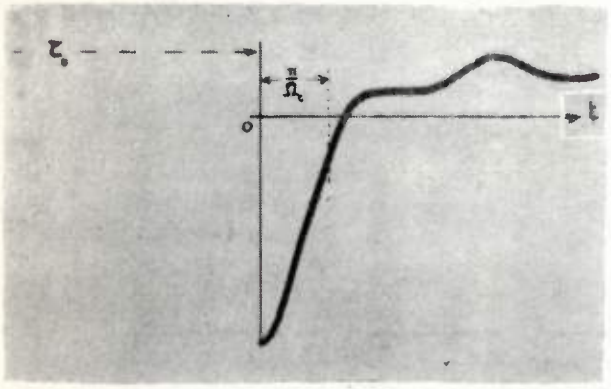


FIG. 45. — Signal « parasite » lié à la fonction de transmission de la fig. 44 *a* pour $m = 100\,\%$ et $d = 8$. Comparez ce signal à celui de la fig. 20.

est aussi tracé pour $d = 8$ mais avec la fonction antisymétrique standardisée, on voit que la fig. 45 donne un signal parasite moins gênant que celui de la fig. 20.

II-3-1-3. — Cas d'une fonction de transfert de récepteur ayant une pente trop faible autour du point de porteuse.

La fig. 46*b* donne la courbe d'un tel récepteur, la partie de courbe marquée en pointillé indique la caractéristique standardisée. Avec ce récepteur, la fonction de transfert globale devient celle de la fig. 46*c*. L'étude de cette fonction de transfert montre que les relations de symétrie qui simplifiaient les équations dans les calculs précédents ne sont plus valables, il s'ensuit que des signaux parasites supplémentaires interviennent dans l'établissement du signal final, mais en compensation, le rapport de dissymétrie se trouve diminué, il est lié davantage à Ω_c/Ω_r qu'à Ω_c/Ω_q et *en définitive, un tel arrangement de la fonction de transfert du récepteur peut être favorable à une bonne transmission à condition qu'un canal adjacent ne perturbe pas la réception.*

II-3-2. — *Influence sur les régimes transitoires, du niveau de la fréquence porteuse par rapport au maximum de la fonction de transmission globale.*

II-3-2-1. — *Porteuse au-dessus de sa position standardisée.*

Examinons le comportement d'un récepteur dont la fréquence porteuse a été réglée au-dessus de sa position habituelle (fig. 47*b*, réglage à 1,3 K au lieu de K). La fonction de transfert globale est donnée 47*c* et la courbe vidéo équivalente est donnée fig. 47*d*. La réponse transitoire correspondant à la fonction de transfert de la fig. 47*c* est approximativement tracée fig. 48 (page 1027) ; elle subit des oscillations dans la zone B avant d'atteindre sa valeur de palier ; la zone B est appelée « zone de barbouillage » car elle correspond sur une image de télévision à une plage où le passage d'un contraste à un autre contraste se fait avec imprécision. On remarque que cette réponse transitoire atteint la valeur de régime 2,6 K au lieu de 2 K, et que cette valeur n'est atteinte qu'après la zone de « barbouillage » pendant laquelle des oscillations sont formées *en-dessous* de la valeur finale de l'amplitude du signal. Ceci peut être mis simplement en évidence à l'aide de la courbe « vidéo équivalente » (fig. 47*d*). Sur cette courbe on voit que la composante continue et les basses fréquences du spectre sont avantagées par rapport au reste du spectre (situé entre Ω_n et Ω_m). Ceci explique le niveau élevé du régime permanent (fig. 48) tandis que la faiblesse relative des composantes de fréquences élevées, se traduit par un manque de raideur du signal transitoire et par des oscillations en-dessous du niveau final. Examinons le cas de la transmission de 2 impulsions fines successives. Alors que la transmission du signal unité est altérée, celle de 2 impulsions successives est peu affectée par le dérèglement du point de porteuse. En effet, le spectre de fréquence de telles impulsions est presque uniforme dans la bande qui nous intéresse, et les composantes situées dans les très basses fréquences, inférieures à la fréquence des lignes, n'existent pas ; il s'ensuit qu'une très faible partie des composantes de ces impulsions est avantagée et que le signal n'en est pas sensiblement modifié. Néanmoins, la raideur des flancs est un peu diminuée parce que la pulsation limite du spectre video est maintenant Ω_m cette dernière étant inférieure à Ω_c.

II-3-2 2 — *Porteuse au-dessous de sa position standardisée.*

Ce cas conduit à la fonction de transfert globale de la figure 49*c*, dont la courbe « vidéo équivalente » est donnée figure 49*d*. La réponse transitoire correspondant à la fonction de transfert 49*c* est approximativement tracée figure 50. Ici ce sont les composantes de fréquences basses qui sont désavantagées, en conséquence, le régime permanent s'établit à la valeur 1,4 K au lieu de 2 K. Les composantes de fréquences élevées étant, elles, relativement avantagées, le signal de la figure 50 en fait état, un grand accroissement du signal apparaissant au temps $t = \tau_0$, il s'ensuit qu'une transition noir-gris sur une image de télévision se fait en noir-blanc-gris, un fort trait blanc, précédant le gris, modifie sensiblement la transition originale. (Voir la fig. 50, page 1031)

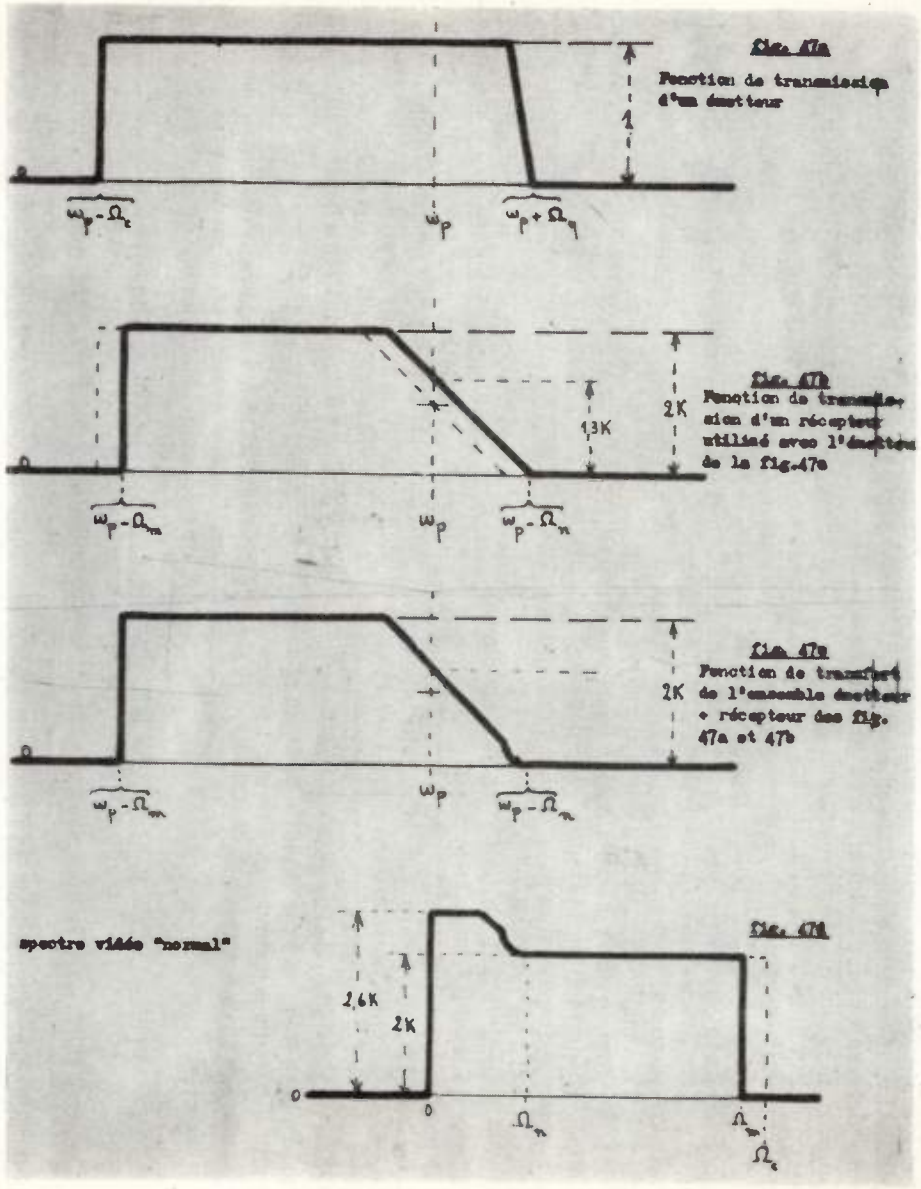


fig. 47a
Fonction de transmission d'un émetteur
1
0
$\omega_p - \Omega_c$
ω_p
$\omega_p + \Omega_q$
fig. 47b
Fonction de transmission d'un récepteur utilisé avec l'émetteur de la fig.47a
2K
1,3K
$\omega_p - \Omega_m$
$\omega_p - \Omega_n$
fig. 47c
Fonction de transfert de l'ensemble émetteur + récepteur des fig. 47a et 47b
2K
fig. 47d
spectre vidéo "normal"
2,6K
2K
Ω_n
Ω_m
Ω_c

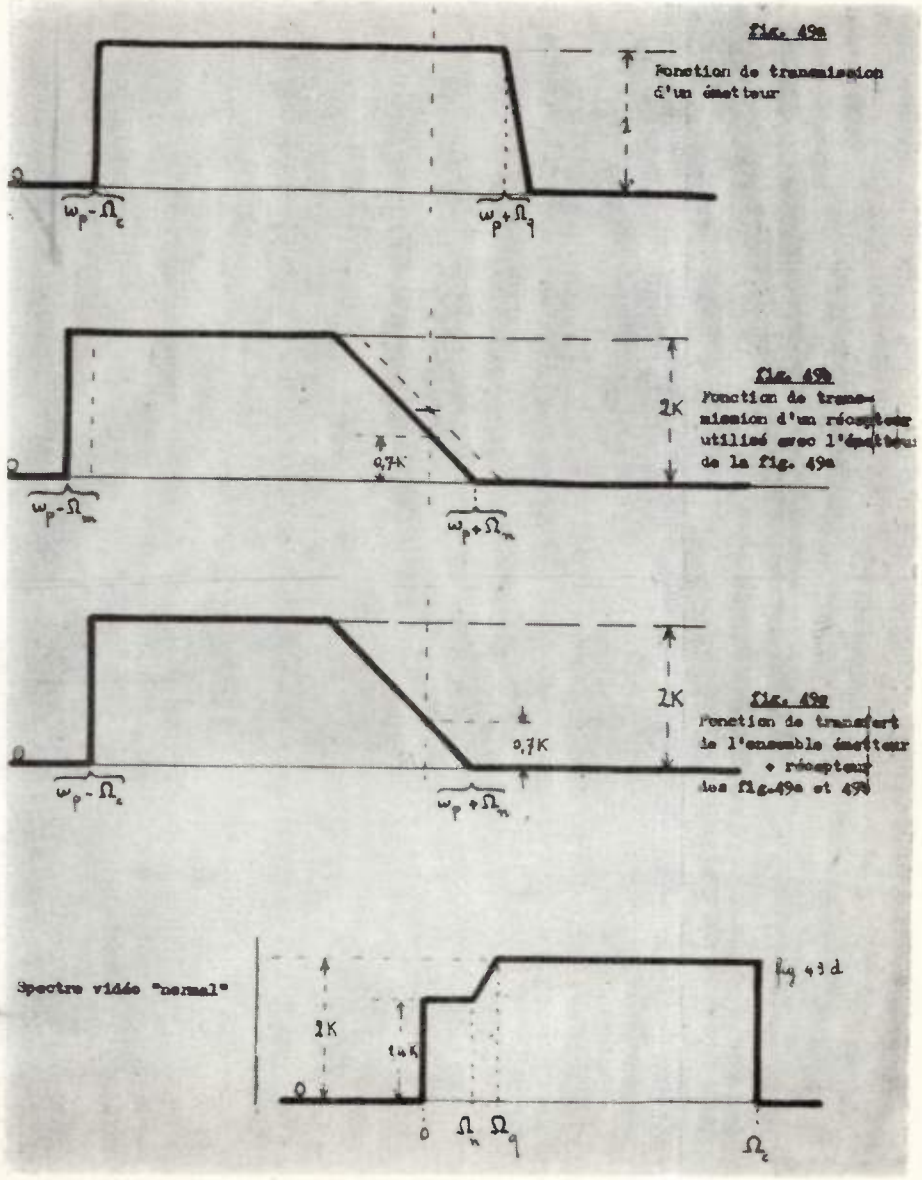


fig. 48a
Fonction de transmission d'un émetteur
1
$\omega_p - \Omega_c$
$\omega_p + \Omega_q$
fig. 48b
Fonction de transmission d'un récepteur utilisé avec l'émetteur de la fig. 48a
2K
0,7K
$\omega_p - \Omega_m$
$\omega_p + \Omega_n$
fig. 48c
Fonction de transfert de l'ensemble émetteur + récepteur des fig.48a et 48b
2K
0,7K
$\omega_p - \Omega_c$
$\omega_p + \Omega_n$
Spectre vidéo "normal"
fig 48d
2K
1,4K
Ω_n
Ω_q
Ω_c

En comparant les figures 48 *et* 50, *on remarque que la porteuse placée au-dessous de la position standardisée, cause à la transmission du signal unité une perturbation plus grande que la porteuse placée au-dessus de la position standardisée. Néanmoins, dans certains systèmes dont les tolérances sont telles que la bande intégralement transmise est affaiblie à partir de* 2 *MHz, il peut être préférable de régler la porteuse légèrement au-dessous de sa position standardisée.*

Le cas de 2 impulsions fines successives peut être envisagé comme précédemment ; le spectre de fréquence de ces impulsions se trouvant peu affecté puisqu'il est sensiblement uniforme dans la bande de fréquences qui nous intéresse, le signal résultant de la transmission des impulsions ne sera pas sensiblement modifié par le décalage envisagé sur la position de la porteuse.

III. — DISTORSION DE PHASE DANS LE SYSTÈME DE TRANSMISSION A BANDES LATÉRALES ASYMÉTRIQUES.

III-I — Généralités

Nous avons jusqu'ici envisagé un système de transmission idéalisé ; un tel système, en toute rigueur, n'existe pas. Cette impossibilité physique de réalisation du système considéré, explique une anomalie telle que celle qui s'applique au signal normal de la fig. 17 sur laquelle on voit des ondulations précédant l'établissement du signal s'amorcer depuis le temps $t = -\infty$, alors que le signal n'est appliqué qu'au temps $t = 0$; en réalité, cette anomalie disparaît si l'on remarque qu'il faut un nombre infini de cellules de filtrage pour obtenir la courbe de transmission du système idéalisé. Soit n ce nombre de cellules, chaque cellule ayant un temps de transmission τ fini, le temps de transmission total $n\tau$ sera infini ; en conséquence, le signal ne commencera pas au temps $t = -\infty$ puisqu'il n'arrivera jamais !

En dehors du signal normal, il existe une autre anomalie : c'est celle qui frappe le signal parasite qui, pour son axe de symétrie, prend une valeur infinie que nous n'avons pas indiquée sur les différentes figures donnant ce signal.

Malgré les anomalies signalées, l'étude d'un système idéalisé donne pour toutes les autres constatations que l'on peut faire sur la transmission des résultats s'accordant assez bien avec la réalité pour que cette étude soit très instructive.

Nous allons maintenant attirer l'attention sur une complication due au fonctionnement des systèmes réels à bandes latérales asymétriques, complication apportée par la non linéarité de la courbe phase-fréquence autour de la fréquence porteuse. Cette non linéarité vient dans un système à « minimum de phase » de la relation de Bayard-Bode qui astreint la courbe phase-fréquence à s'établir d'après la courbe amplitude fréquence suivant la formule :

$$\varphi_d = \frac{\pi}{12}\left(\frac{dA}{du}\right)_d + \frac{1}{6\pi}\int_{-\infty}^{+\infty}\left[\left(\frac{dA}{du}\right) - \left(\frac{dA}{du}\right)_d\right] \operatorname{Log}\operatorname{cotg}\operatorname{h}\frac{|u|}{2}\,du$$

avec $u = \log\frac{\omega}{\omega_d}$, φ_d est la phase pour ω_d et $\frac{dA}{du}$ la pente de la courbe d'amplitude en dB par octave.

En conséquence, si la courbe amplitude-fréquence est fixée arbitrairement, la courbe phase-fréquence sera déterminée et ne pourra pas, a priori, être linéaire. En plus de la distorsion de phase qui apparaît généralement aux fréquences élevées, par suite de la coupure brusque de la partie supérieure du spectre des fréquences, un système à bandes latérales résiduelle présentera une distorsion de phase dans les basses fréquences ; cette distorsion de phase est liée à la pente de la fonction de transfert globale autour de la fréquence porteuse, plus cette pente est importante plus la distorsion de phase est élevée.

Avant d'examiner en détail le cas du récepteur et celui de l'émetteur, il convient de faire une remarque importante.

Remarque. — On sait que les systèmes à « phase non minimum » peuvent corriger une distorsion de phase donnée sans modifier la fonction amplitude fréquence correspondante. Il y a lieu de remarquer ici qu'en raison du caractère *non linéaire* des perturbations produites sur la transmission des signaux par les systèmes à bandes latérales asymétriques, les systèmes correcteurs de phase chargés de donner une courbe phase-fréquence linéaire pour la fonction de transfert globale d'un récepteur, ne peuvent pas être placés en un point quelconque de celui-ci. En effet, pour que la composition quadratique du signal normal et du signal parasite se fasse correctement, il faut que la courbe phase-fréquence du filtre fréquence-intermédiaire soit linéaire ; en conséquence, la correction de phase qui doit remédier aux distorsions de phase autour du point de réglage de la porteuse doit s'effectuer avant détection dans le cas d'un rapport de dissymétrie élevé.

Si nous examinons le cas de la distorsion de phase aux fréquences élevées, nous trouvons 2 causes de distorsion :

1° l'une due au filtre fréquence-intermédiaire (*FI*)

2° l'autre due à l'amplificateur video.

Dans ce cas, *il est nécessaire de corriger séparément les* 2 *distorsions*; en effet, si la correction de phase est faite seulement en vidéo, la distorsion de phase subsiste en F.I. et affecte le signal normal et le signal parasite dont la composition quadratique aux fortes profondeurs de modulation donne un signal résultant déformé sans relation avec la correction de phase qui suivra. Il est évident que pour les faibles profondeurs de modulation, la correction totale de phase peut se faire en vidéo puisqu'il n'existe plus de composition quadratique à la détection et que, toutes les opérations étant linéaires, la correction de phase peut être faite en un point quelconque de la chaîne de transmission. Il convient encore de remarquer que, pour les fréquences élevées, c'est souvent le filtre F.I. qui apporte le maximum de distorsion de phase ; le filtre vidéo étant à bande assez large pour donner une perturbation faible, il est alors nécessaire de faire toute la correction de phase en F.I. (ceci est d'autant plus important que le rapport de dissymétrie d est grand, pour un rapport de dissymétrie petit on peut envisager toute la correction en video).

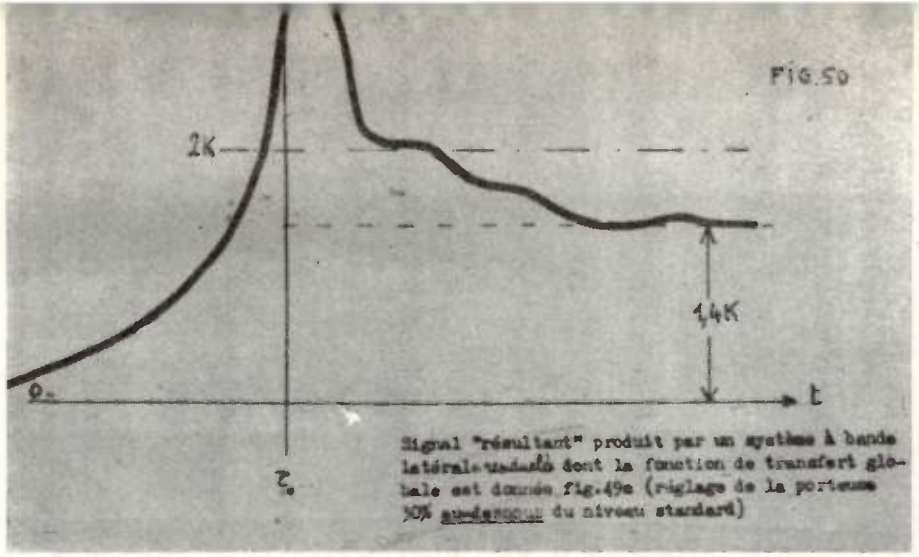


FIG.50
2K
1,4K
t
Signal "résultant" produit par un système à bande latérale vestigiale dont la fonction de transfert globale est donnée fig.49a (réglage de la porteuse 30% au-dessous du niveau standard)

FIG. 50. — Signal « résultant » produit par un système à bande latérale résiduelle dont la fonction de transfert globale est donnée fig. 49 *a* (réglage de la porteuse 30 % *au-dessous* du niveau standard).

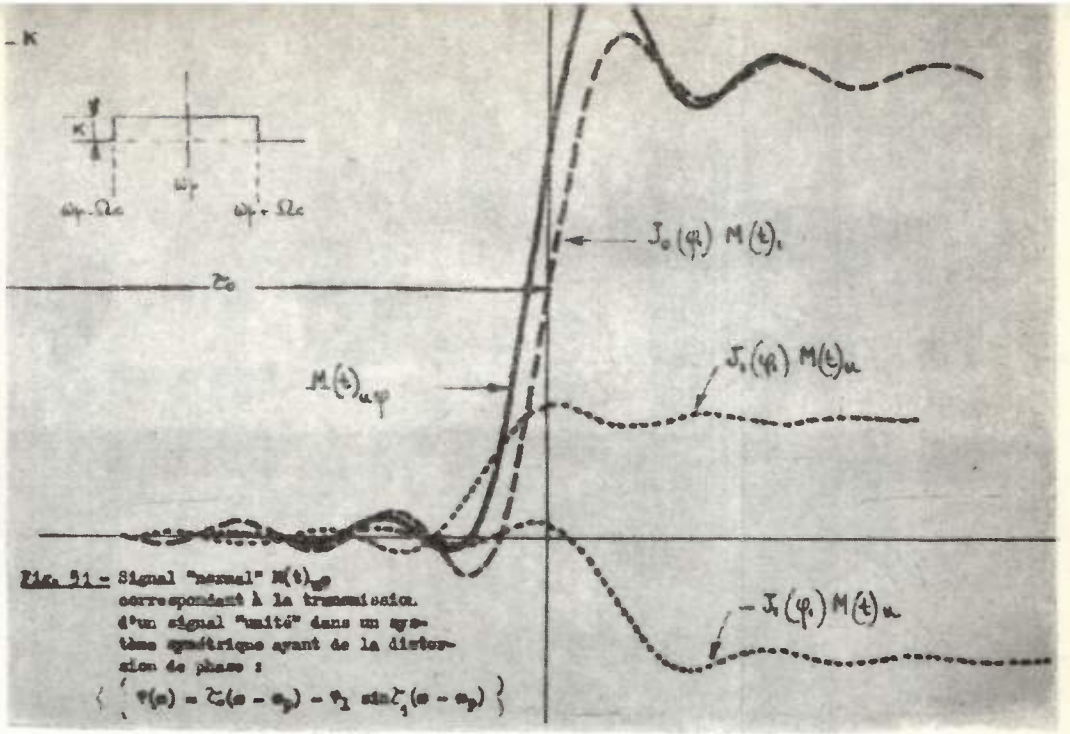
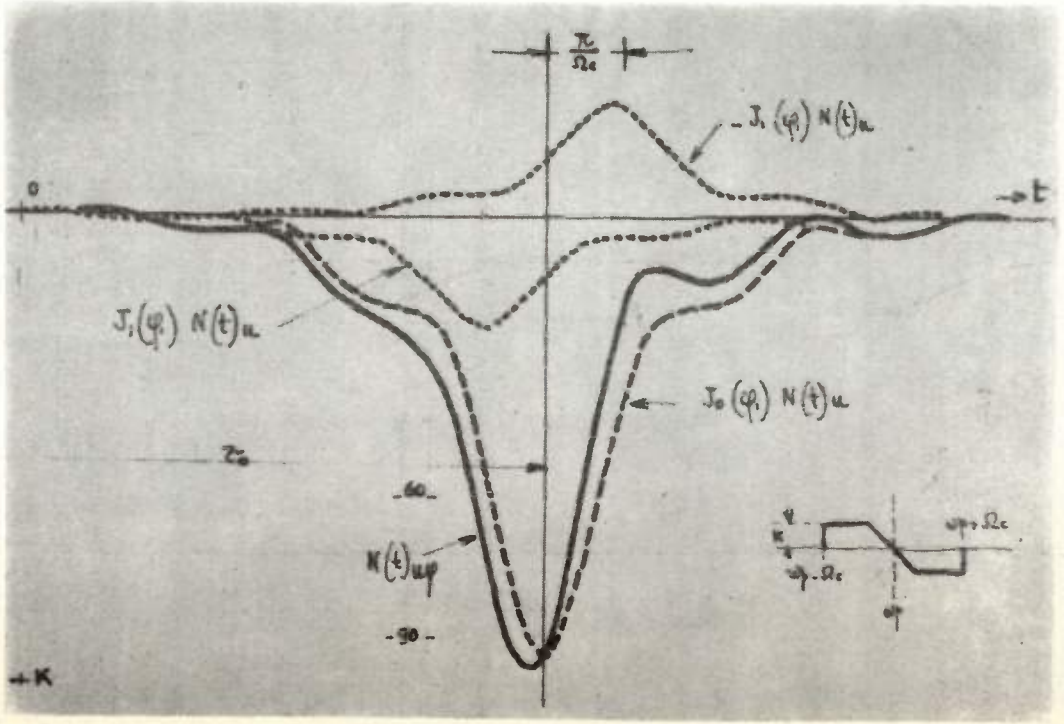


Fig. 51 – Signal "normal" $M(t)_{u\varphi}$ correspondant à la transmission d'un signal "unité" dans un système symétrique ayant de la distorsion de phase :

$$\{\varphi(\omega) = \tau_0(\omega - \omega_p) - \varphi_1 \sin\tau_1(\omega - \omega_p)\}$$

FIG. 52. — Signal « parasite » $N(t)$ correspondant à la transmission d'un signal « unité » dans un système antisymétrique ($d = 8$) ayant de la distorsion de phase : $[\varphi(\omega) = \tau_0(\omega - \omega_p) - \varphi_1 \sin \omega_1(\omega - \omega_p)]$ (ci dessous).



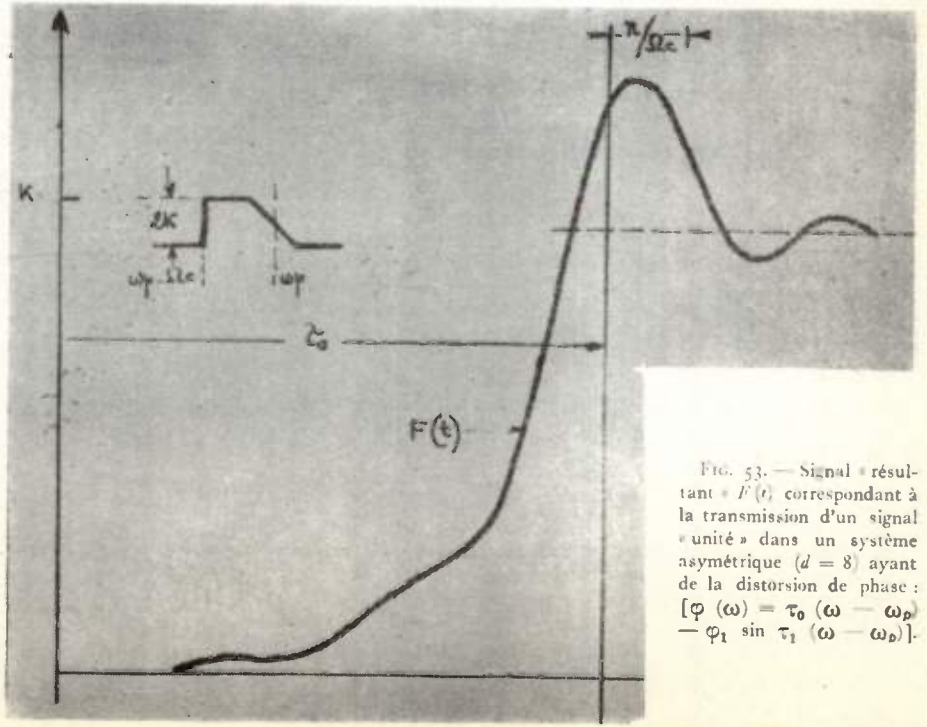


FIG. 53. — Signal « résultant » $F(t)$ correspondant à la transmission d'un signal « unité » dans un système asymétrique ($d = 8$) ayant de la distorsion de phase : $[\varphi(\omega) = \tau_0(\omega - \omega_p) - \varphi_1 \sin \tau_1(\omega - \omega_p)]$.

III-2 — Cas du récepteur

C'est l'ensemble des circuits F.I. qui donne à la fonction de transmission du récepteur sa forme standardisée ; ces circuits F.I. suivent généralement la loi de Bayard-Bode ; en conséquence, la courbe d'amplitude ayant une pente donnée standard autour du point de porteuse, la courbe de phase sera déterminée et semblable pour tous les appareils ayant un ensemble F.I. identique ; le gain de l'amplificateur F.I. modifiant seul la pente de la courbe d'amplitude dans la partie correspondant à la bande résiduelle, cause une distorsion de phase dont le sens et l'ordre de grandeur sont déterminés ; en conséquence, les récepteurs de télévision correspondant à un standard donné se présentent avec des courbes phase-fréquence pas très différentes les unes des autres en ce qui concerne la partie inférieure du spectre, partie perturbée seulement à cause du système à bandes latérales asymétriques. Les distorsions de phase d'un appareil ayant un amplificateur fréquence intermédiaire à faible gain, sont du même type que celles d'un appareil ayant un amplificateur fréquence intermédiaire à gain élevé, les premières étant inférieures aux secondes.

III-3 — Cas de l'émetteur

La forme donnée à la fonction de transmission de l'émetteur est généralement obtenue à l'aide de filtres à lignes associées au feeder d'antenne ; un tel système n'est pas « un minimum de phase » et la courbe de phase qu'il introduit n'est pas linéaire autour de la position de la porteuse, le retard de phase n'est donc pas constant. Il est évident que l'accroissement du retard pour certaines fréquences ne permet pas d'obtenir une reproduction fidèle d'un signal transitoire ; en conséquence, l'émetteur doit posséder des circuits correcteurs de phase qui assurent la constance de la courbe de retard de phase.

On peut envisager de corriger à l'émetteur le défaut de linéarité de la courbe phase-fréquence des récepteurs.

Nous ne parlerons pas ici des distorsions affectant les traducteurs lumière-courant, en particulier de la distorsion d'ouverture, distorsion assimilable à une distorsion d'amplitude dans la partie supérieure du spectre de fréquence ; cette distorsion devant être corrigée dans les circuits video de l'émission.

III-4 — Exemple : système de transmission avec distorsion de phase

Soit un système de transmission ayant une courbe amplitude-fréquence standardisée et une courbe phase-fréquence *non linéaire*

$$\varphi(\omega) = \tau_0 (\omega - \omega_p) - \varphi_1 \sin \tau_1 (\omega - \omega_p)$$

Ce système peut être décomposé en deux systèmes associés en parallèle, l'un symétrique, l'autre antisymétrique, ayant chacun pour courbe de phase $\varphi(\omega)$. La réponse de ces systèmes à un signal « unité » est donné (voir annexe VII-5) pour le premier fig. 51, pour le second fig. 52. Ces signaux peuvent être comparés avec ceux des figures 17*c* et 21*c* qui, pour une même valeur de *d*, donnent la réponse transitoire d'un système de transmission standardisé n'ayant pas de distorsion de phase. On peut facilement déduire des réponses transitoires données fig. 51 et 52, celle qui correspond au passage du signal « unité » dans un système ayant la courbe d'amplitude standardisée et la courbe de phase $\varphi(\omega) = \tau_0 (\omega - \omega_p) - \varphi_1 \sin \tau_1 (\omega - \omega_p)$. on l'obtient en faisant la moyenne quadratique des signaux des fig. 51 et 52, on a ainsi le signal « résultant » donné fig. 53 pour $d = 8$. On remarque que ce signal $F(t)$ se distingue de la fig. 22*c* par les points suivants :

1° Empâtement plus progressif et disparition du palier avant le temps τ_0

2° Accroissement de l'amplitude du rebondissement qui pour $F(t)$ dépasse 30 %.

3° Accroissement de la durée du rebondissement.

Remarque. — Le signal de la fig. 53 présente une valeur de palier stable à 0,96 K, ceci tient à ce que nous avons fixé arbitrairement la distorsion de phase sans chercher une fonction de transfert correspondant à un circuit physiquement réalisable. Nous montrerons, par ailleurs, la liaison que l'on peut établir entre distorsion d'amplitude et distorsion de phase ; on consultera avec profit, à ce sujet, les travaux de Wheeler (P.I.R.E. 27-1939 pp. 359-383) et ceux de Fischer (A.N.U. 6.1952 pp. 452-459). Malgré le caractère « idéal » du système étudié ici, les conclusions données ci-dessus restent sensiblement valables pour un système réel.

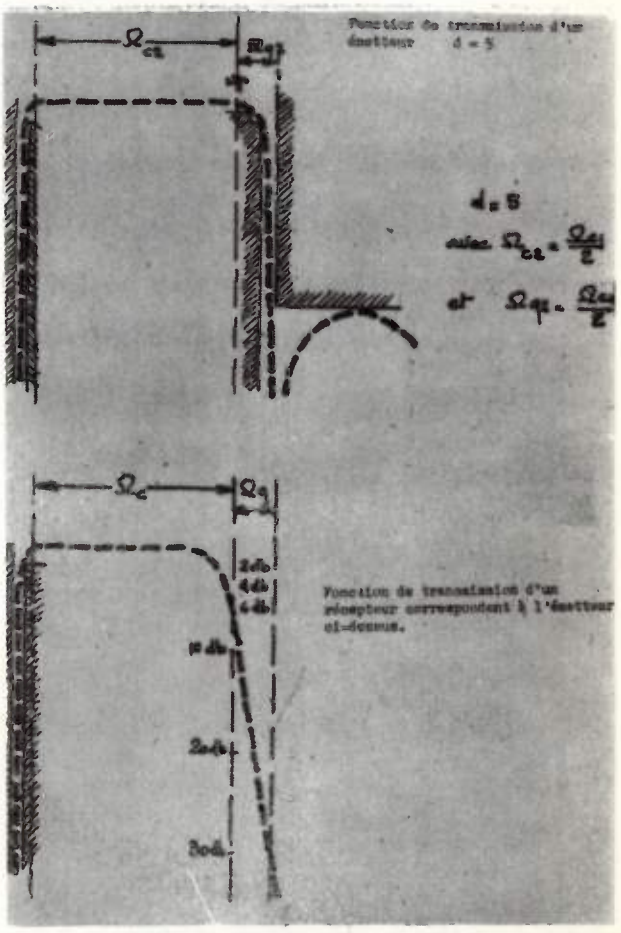


FIG. 54. — *En bas* : Fonction de transmission d'un récepteur correspondant à l'émetteur dont la fonction de transmission est donnée en haut de la figure (d = 5).

III-5 — Comparaison entre deux systèmes de rapports de dissymétrie identiques et de plages de fréquences différentes

Si nous considérons les fonctions de transfert globales de deux systèmes de transmission ayant des rapports de dissymétrie identiques et des plages de fréquences différentes fig. 54 et 55 et si nous supposons les émetteurs correspondants à phase linéaire (les corrections de phase nécessaires peuvent être assez aisément envisagées à l'émission pour obtenir ce résultat), nous trouverons que, les récepteurs suivant généralement la loi de Bayard-Bode, le système ayant la plus petite plage de fréquence subira la plus grande variation de phase. En effet, le système ayant la plus petite plage de fréquence donnera la plus grande variation de pente de la courbe amplitude-fréquence du récepteur autour de la fréquence porteuse et, par conséquent, la plus grande variation de phase.

Nous pouvons, dès maintenant, remarquer qu'entre deux systèmes de transmission d'encombrements différents et de rapports de dissymétrie identiques, les perturbations dues à la non linéarité de la courbe phase fréquence, dans les fréquences inférieures du spectre, affecteront particulièrement le système ayant la plus faible plage de fréquence, et qu'en conséquence on ne peut pas considérer seulement le rapport de dissymétrie pour apprécier un standard de télévision, mais qu'il faut également envisager l'importance des perturbations de la phase inhérentes au système.

IV. — Amélioration au système a bandes latérales asymétriques standardisé.

But : Le but de cette amélioration est de diminuer l'effet perturbateur causé par le signal parasite en quadrature.

Moyens : Les moyens employés pour parvenir à cette amélioration consistent à accroître l'importance de la composante continue et des composantes à basses fréquences dans l'amplificateur F.I. (fig. 56*b*) afin qu'à la détection l'excédent produit par cet accroissement minimise l'effet du signal parasite d'une manière semblable à ce que produit la diminution de la profondeur de modulation dans le cas du système standardisé. Il est alors évident que dans le système proposé, le signal résultant à la détection sera différent du signal « normal » à cause du désavantage subi par les fréquences élevées du spectre (voir fig. 56*f*) mais il est facile de rétablir l'uniformité du spectre de fréquence après détection, ceci se fera à l'aide de l'amplificateur video-fréquence (fig. 56*h*) et à la sortie de ce dernier on trouvera un signal présentant peu de différence avec le signal normal.

Nous allons examiner cela en détail. Le système proposé est présenté fig. 56, la fig. 56 *a* donne la fonction de transfert de l'émetteur, c'est la fonction standardisée. La fonction de transfert du récepteur est donnée fig. 56 *b* ; elle est sensiblement différente de la fonction standardisée puisqu'elle ne présente aucun affaiblissement autour du point de porteuse.

La fonction de transfert globale, émetteur + récepteur, sera ici identique à celle du récepteur seul. (L'émetteur étant supposé avoir une fonction de transfert constante égale à I dans la zone utilisée — fig. 56). Cette fonction de transfert globale peut se décomposer en deux fonctions de transfert symétriques (fig. 56*c* et 56*e*) et une fonction de transfert antisymétrique (fig. 56*d*). La fonction symétrique de la fig. 56*c* donne le signal normal correspondant à une fonction de transfert à 2 bandes latérales (ex. : fig. 57 *a*); la fonction symétrique de la fig. 56*e* donne un signal en phase avec le signal « normal » (fig. 57*b*) correspondant à une fonction de transfert à 2 bandes latérales de pulsations $\pm \Omega_q$ (on a $\Omega_q < \Omega_c$), ce signal fig. 57*b* a un temps de montée beaucoup plus long que le signal normal ; les signaux des fig. 57*a* et 57 *b* étant en phase s'additionnent algébriquement pour donner le signal « normal total » fig. 57*d*. La fonction antisymétrique de la fig. 56*d* donne un signal, en quadrature de phase avec le signal « normal, (fig. 57*c*) ; pour obtenir le signal résultant, il faut prendre la racine carrée de la somme des carrés du « signal normal total » et du « signal en quadrature ». Autour du temps $t = \tau_0$ le « signal normal total » a une valeur beaucoup plus grande que le « signal normal » ($2K$ au lieu de K), donc pour $t = \tau_0$ le « signal normal total » prend la valeur K alors que le « signal normal » prend la valeur $1/2\ K$; le signal en quadrature reste plus petit que le signal en quadrature du système standardisé, pour $t = \tau_0$ sa valeur est donnée fig. 45 (0,55 K). En conséquence, on voit que l'effet, sur le « signal normal total », du signal « parasite » en quadrature sera petit ; on pourra rendre cet effet encore plus petit en augmentant autour du temps $t = \tau_0$ l'importance du « signal normal total » par rapport au « signal parasite » en quadrature. La fig. 58 *b* donne une fonction de transfert de récepteur permettant d'obtenir ce résultat ; la fonction de transfert à symétrie paire chargée d'accroître l'amplitude du signal normal au temps $t_0 = \tau_0$ prend ici une amplitude $2K$; en conséquence, le signal normal sera très important autour du temps τ_0 et le « signal parasite » qui, lui, n'est pas modifié, verra son importance disparaître presque totalement lors de l'addition quadratique des composantes. Il suffira, connaissant le spectre « video normal équivalent » à cette fonction de transfert (fig. 58 *f*) d'établir la fonction de transfert de l'amplificateur vidéo (f g. 58 *h*) de façon que la fonction de transfert globale soit uniforme dans tout le spectre à transmettre (58 *f* × 58 *h*) ; on trouve alors en corrigeant convenablement la distorsion de phase qui peut rester après raccordement des fonctions de transfert FI et video, un signal « normal » convenable à la sortie de l'amplificateur video. La qualité de l'ensemble de transmission est alors sensiblement égale à celle d'un ensemble à deux bandes latérales ($\pm \Omega_c$) même pour une profondeur de modulation de 60 % et un rapport de dissymétrie assez élevé. Il est évident que la fonction de transfert de la fig. 58 *b* correspond à un cas plus théorique que pratique, et que, seule, l'amélioration donnée par 56*b* est facilement réalisable.

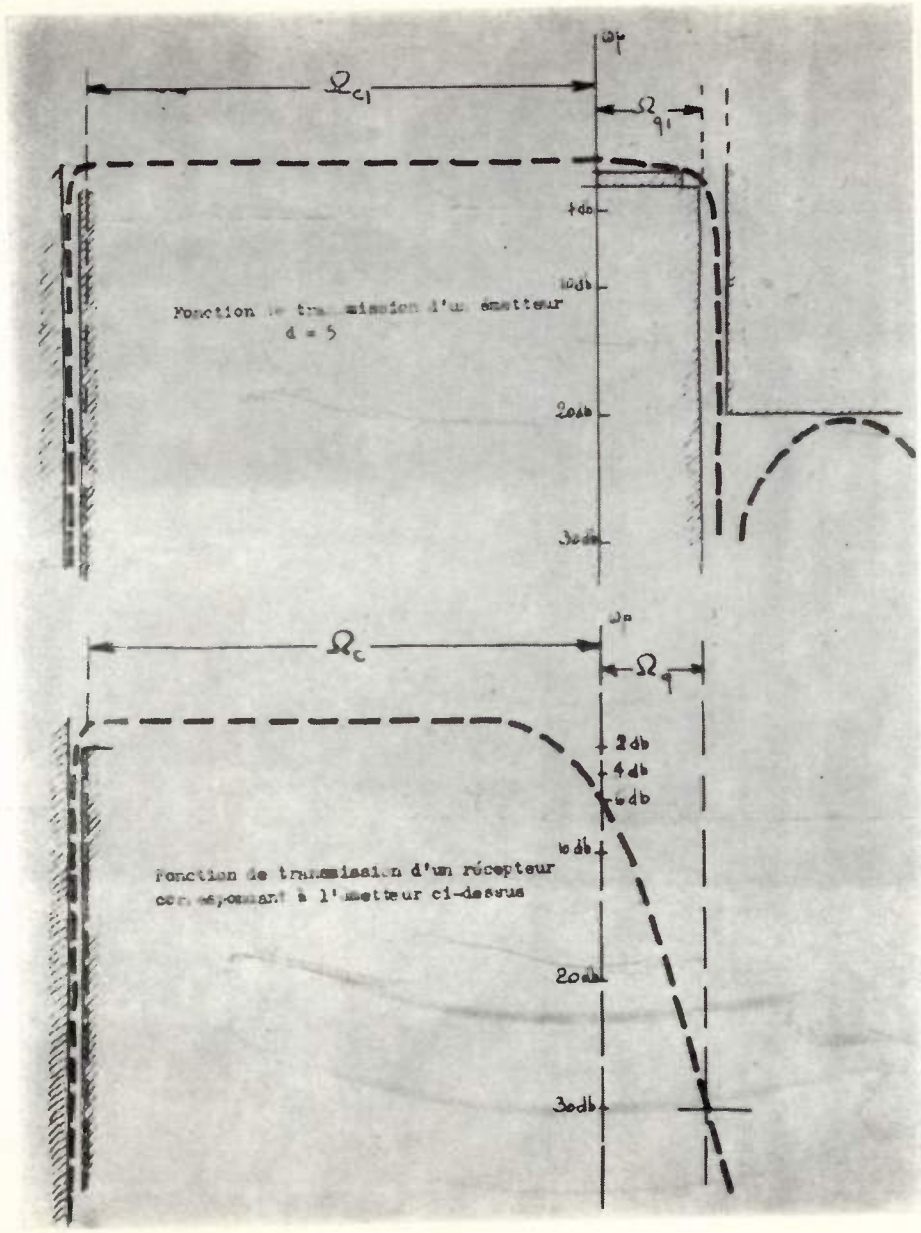


FIG. 55.

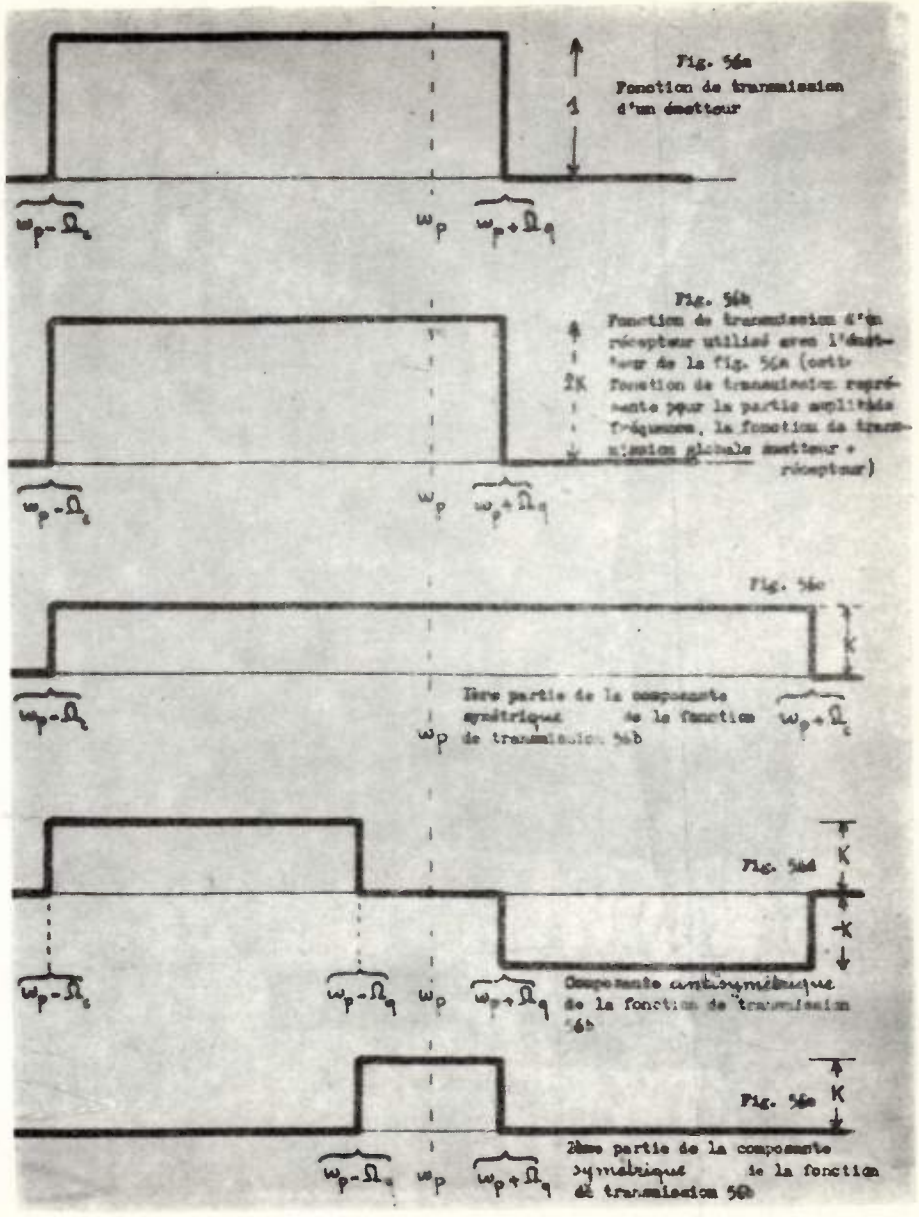


Fig. 56a
Fonction de transmission d'un émetteur
1
$\omega_p - \Omega_c$
ω_p
$\omega_p + \Omega_q$
Fig. 56b
Fonction de transmission d'un récepteur utilisé avec l'émetteur de la fig. 56a (cette fonction de transmission représente pour la partie amplitude fréquences, la fonction de transmission globale émetteur + récepteur)
2K
Fig. 56c
K
1ère partie de la composante symétrique de la fonction de transmission 56b
Fig. 56d
-K
Composante antisymétrique de la fonction de transmission 56b
Fig. 56e
2ème partie de la composante symétrique de la fonction de transmission 56b

FIG. 56 *a* à *e*.

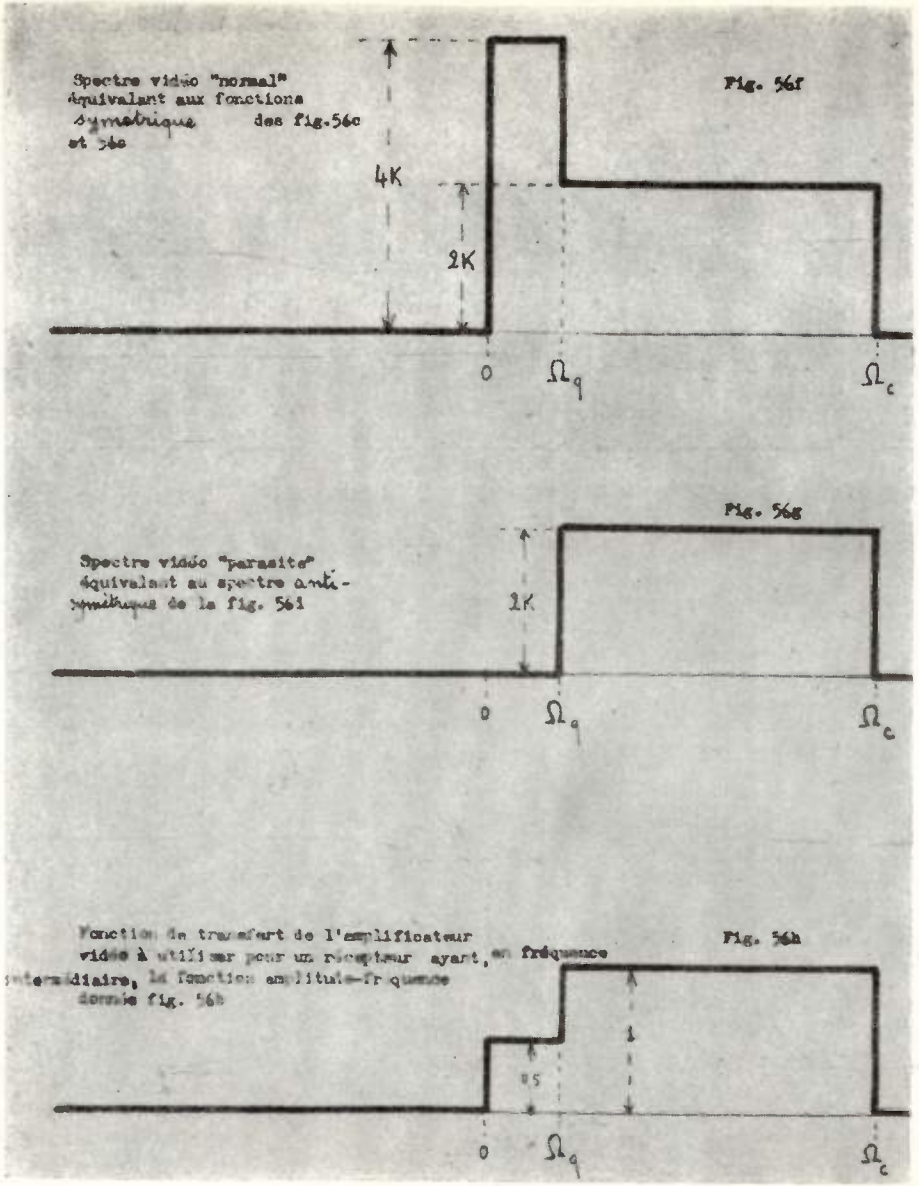
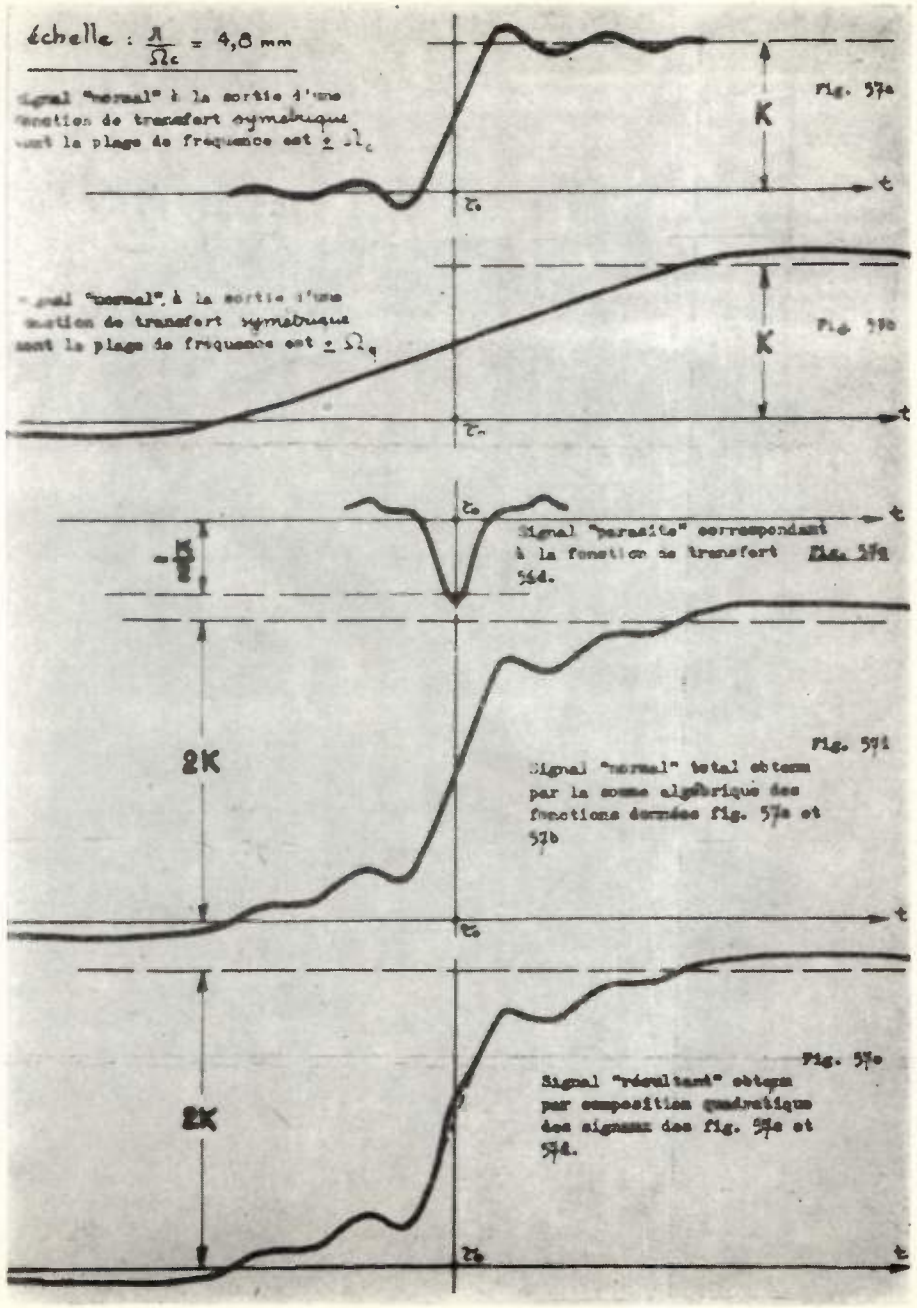


FIG. 56 *f à b.*


échelle : $\frac{\lambda}{\Omega_c}$ = 4,8 mm
Signal "normal" à la sortie d'une fonction de transfert symétrique dans la plage de fréquence est $\pm \Omega_c$
Fig. 57a
K
t
τ_0
Signal "normal" à la sortie d'une fonction de transfert symétrique dans la plage de fréquence est $\pm \Omega_q$
Fig. 57b
K
t
τ_0
Signal "parasite" correspondant à la fonction de transfert Fig. 57c
Fig. 57d.
t
τ_0
Fig. 57e
2K
Signal "normal" total obtenu par la somme algébrique des fonctions données fig. 57a et 57b
t
τ_0
Fig. 57f
2K
Signal "résultant" obtenu par composition quadratique des signaux des fig. 57e et 57d.
t
τ_0

CI-CONTRE : FIG. 57.

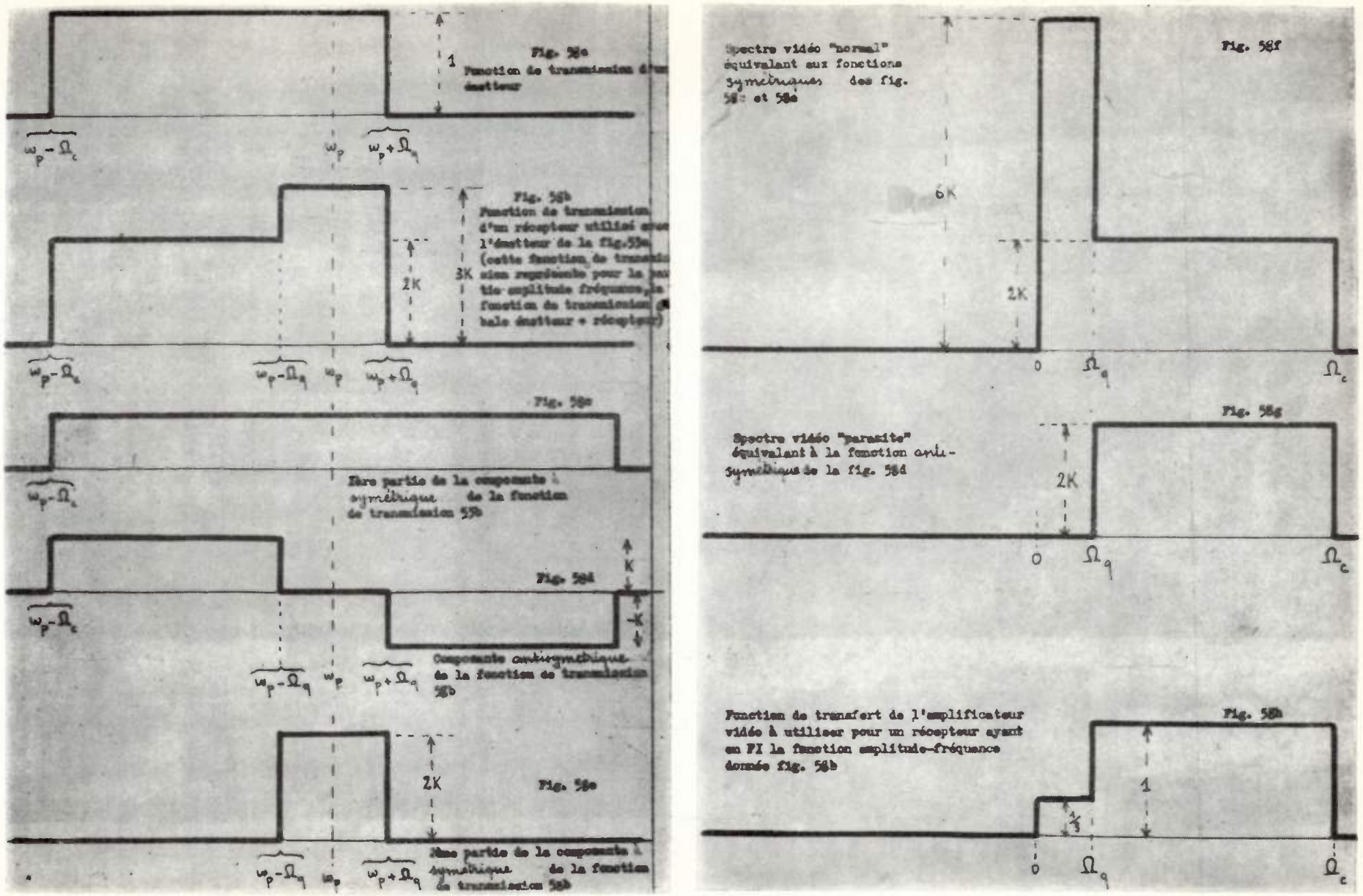


Fig. 58a
Fonction de transmission d'un émetteur
1
$\omega_p - \Omega_c$
ω_p
$\omega_p + \Omega_q$
Fig. 58b
Fonction de transmission d'un récepteur utilisé avec l'émetteur de la fig. 58a
(cette fonction de transmission représente pour la partie amplitude fréquence, la fonction de transmission globale émetteur + récepteur)
2K
3K
$\omega_p - \Omega_c$
$\omega_p - \Omega_q$
ω_p
$\omega_p + \Omega_q$
Fig. 58c
1ère partie de la composante symétrique de la fonction de transmission 58b
$\omega_p - \Omega_c$
Fig. 58d
K
-K
Composante antisymétrique de la fonction de transmission 58b
$\omega_p - \Omega_q$
ω_p
$\omega_p + \Omega_q$
2K
Fig. 58e
2ème partie de la composante symétrique de la fonction de transmission 58b
$\omega_p - \Omega_q$
ω_p
$\omega_p + \Omega_q$
Spectre vidéo "normal" équivalant aux fonctions symétriques des fig. 58c et 58e
Fig. 58f
6K
2K
0
Ω_q
Ω_c
Fig. 58g
Spectre vidéo "parasite" équivalant à la fonction antisymétrique de la fig. 58d
2K
0
Ω_q
Ω_c
Fonction de transfert de l'amplificateur vidéo à utiliser pour un récepteur ayant en FI la fonction amplitude-fréquence donnée fig. 58b
Fig. 58h
1
$\frac{1}{3}$
0
Ω_q
Ω_c

FIG. 58.

V. — CAS GÉNÉRAL D'UN SYSTÈME RÉEL A BANDES LATÉRALES ASYMÉTRIQUES.

V-1 — Etude d'un système à bandes latérales asymétriques à l'aide de signaux à spectre limité

L'étude d'un système de transmission à bandes latérales asymétriques à l'aide du signal « unité » présente de l'intérêt parce que ce signal permet, d'une part, de mettre en évidence de nombreuses particularités du système étudié avec des moyens mathématiques simples, d'autre part, de donner lorsqu'il est appliqué à l'entrée d'un système de transmission de bande passante Ω_c le temps d'établissement le plus court qu'il soit possible d'obtenir avec un taux de dépassement admissible.

Il convient toutefois de remarquer que le spectre de fréquence du signal « unité » s'étendant à l'infini, alors qu'un système de transmission ne couvre obligatoirement qu'un spectre de fréquences fini, il s'ensuit que l'utilisation du signal « unité » pour l'étude du système de transmission à bandes latérales asymétriques, conduit à lier les défauts propres à ce système avec ceux apportés par la suppression des fréquences supérieures du spectre du signal « unité ».

Les défauts entraînés par la suppression de la partie supérieure du spectre de fréquence d'un signal « unité », se manifestent par des oscillations amorties, avant et après l'établissement du signal. Ces défauts existent également dans un système de transmission à deux bandes latérales symétriques (dépassement de 9 % de la valeur de palier, etc... voir fig. 17).

Bien qu'un taux de dépassement maximum de 10 % ne nous paraisse pas, en pratique, prohibitif pour un ensemble complet de transmission de télévision français. Il peut être intéressant d'étudier la perturbation apportée à un signal, par un système à bandes latérales asymétriques, indépendamment de la limitation apportée par ce système au spectre de fréquence du signal à transmettre. Ceci conduit à chercher les déformations subies par un signal dont le « spectre limité » est inférieur à la bande « transmise ». Un tel signal serait reproduit sans aucune distorsion par un système à deux bandes latérales symétriques sans distorsion de phase, dont chaque bande, égale à la bande intégralement transmise du système asymétrique, serait supérieure au spectre du signal à transmettre.

Par « spectre limité » inférieur à la bande « intégralement transmise » nous désignons la partie du spectre de fréquence du signal qui contient la presque totalité de l'énergie ; ainsi le signal $h\,(t)$, ayant pour spectre $H\,(\omega)$ fig. 59*a* et 59*b*, est à « spectre limité ».

Sans entrer ici dans le détail du calcul des systèmes de transmission à bandes latérales asymétriques à l'aide de signaux à spectre limité, nous signalons simplement que ce calcul confirme les résultats trouvés plus simplement ici. Nous reviendrons ultérieurement sur l'étude de système réels à l'aide de signaux à « spectre limité ».

V-2 — Défauts du système

Nous avons montré qu'un système à bandes latérales asymétriques introduit 2 sortes de distorsion :

a) la distorsion due au « signal parasite ».

Cette distorsion inhérente au système à bandes latérales asymétriques est fonction de la profondeur de modulation m et du rapport de dissymétrie d, elle présente, à cause de sa composition *quadratique* avec le « signal normal », un caractère non linéaire. Cette distorsion peut être sensiblement diminuée en utilisant la fonction de transfert du récepteur étudié au paragraphe IV.

b) la distorsion de phase dans les fréquences basses.

Cette distorsion est, elle aussi, inhérente au système à bandes latérales asymétriques. Elle est d'autant plus prononcée que la bande atténuée est étroite, c'est-à-dire que la pente de la fonction amplitude-fréquence du système complet (fig. 6) est grande

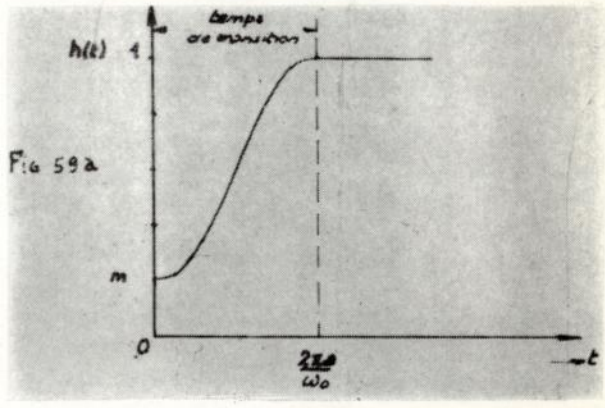
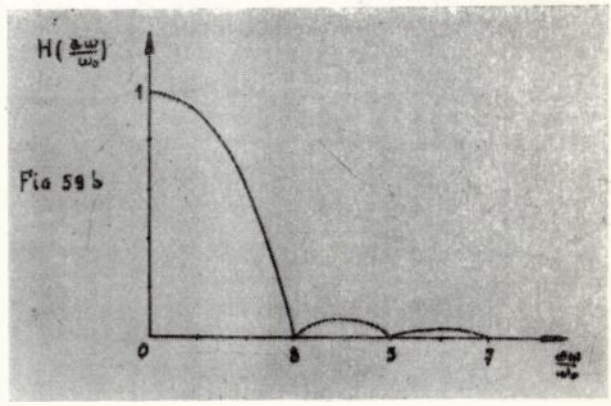


FIG. 59 *a*. —

$$h(t) = \begin{cases} m & \text{Pour } -\infty \leqslant t \leqslant 0 \\ m + (1+m)\sin^2\left(\frac{\omega_0 t}{4a}\right) & \text{pour } 0 \leqslant t \leqslant \frac{2\pi a}{\omega_0} \\ 1 & \text{Pour } \frac{2\pi a}{\omega_0} \leqslant t \leqslant \infty \end{cases}$$



autour de la fréquence porteuse, ceci en raison de la relation de Bayard-Bode pour le cas du récepteur.

Cette distorsion peut être compensée par des réseaux passe-tout, treillis ou T ponté, judicieusement placés. Elle peut être diminuée par un arrangement convenable de la F. I.

Les défauts du système de transmission se mettent en évidence sur les 3 quantités qui caractérisent un régime transitoire :

1° le temps de montée,
2° le taux de dépassement,
3° le temps de dépassement.

L'accroissement de l'une quelconque de ces quantités entraîne une dégradation du signal.

Nous allons maintenant tirer quelques conclusions pratiques de l'étude précédente.

V-3 — Conclusions

Après avoir montré successivement :

1° l'influence, sur la réponse transitoire, du rapport de dissymétrie d pour une profondeur de modulation m donnée (fig. 22).

2° l'influence, sur la réponse transitoire, de la profondeur de modulation m pour un rapport de dissymétrie d donné (fig. 26).

Nous avons établi les courbes suivantes qui indiquent pour $m = 100$ % et d variable :

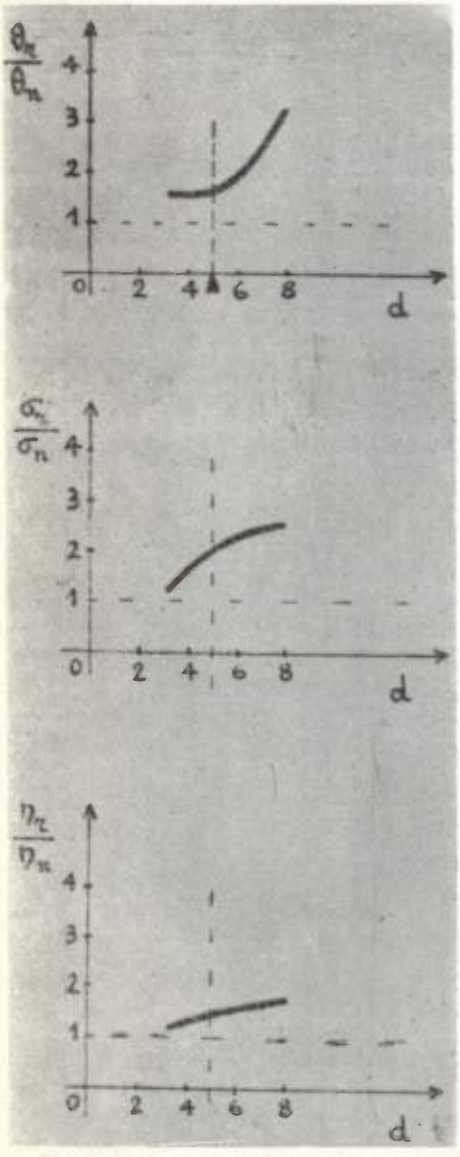


Fig. 60 *a*.

Fig. 60 *b*.

Fig. 60 *c*.

Fig. 60*a*. — l'accroissement relatif θ_r/θ_n du temps de montée en fonction de d, cet accroissement correspond à une dégradation de la définition.

Fig. 60*b*. — l'accroissement relatif σ_r/σ_n du taux de dépassement en fonction de d ; cet accroissement correspond à une augmentation de l'amplitude de la suroscillation qui suit un signal croissant ou de celle qui précède un signal décroissant.

Fig. 60*c*. — l'accroissement relatif η_r/η_n du temps de dépassement en fonction de d ; cet accroissement correspond à un élargissement de la suroscillation que nous venons de citer, accroissement qui la rend de plus en plus visible et, par là, de moins en moins dés rable.

L'examen des figures 60*a*, 60*b*, 60*c*, montre que θ_r, σ_r, η_r croissent en fonction de d ce qui correspond, comme nous l'avons fait remarquer, à une dégradation du signal transmis. En particulier, la fig. 60*a* met en évidence l'acroissement très rapide du temps de montée à partir de $d = 5$. Nous avons montré, au cours de cette étude, que 2 *détails fins successifs* sont moins affectés sur leur temps d'établissement et de disparition que ne l'est le signal

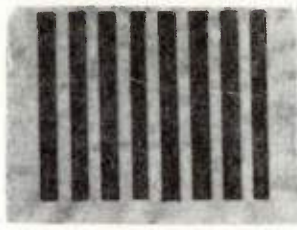


Fig. 61.

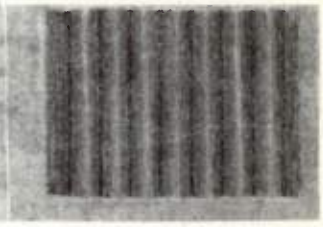


Fig. 61 *bis*.

unité. Nous avons également montré qu'entre ces 2 détails fins successifs la compensation qui s'établit pour les signaux parasites liés à ces détails, permet d'éviter que l'espace qui les sépare soit brouillé par la composante en quadrature ; ainsi 2 détails fins successifs sont encore correctement reproduits avec un rapport de dissymétrie élevé $d = 8$ et une profondeur de modulation importante $m = 60$ % (voir fig. 41).

On doit toutefois remarquer que le cas de n détails successifs ($n > 2$) n'est pas aussi favorable que le cas $n = 2$; la compensation des composantes parasites étant moins bonne, néanmoins le flanc avant du premier détail est, seul, sérieusement affecté par le signal parasite, mais moins que ne l'est un signal unité transmis dans les mêmes conditions. ceci n'est valable que lorsqu'on considère des détails fins, c'est-à-dire des détails tels que leur durée et leur écartement soient de l'ordre de $\tau = \dfrac{\pi}{\Omega_c}$

Les mires composées de petites bandes verticales successives (mires de définition) permettent d'illustrer ceci ; pour certains standards à rapport de dissymétrie élevé, on remarque en effet que la 1re bande verticale d'une suite composant une mire de définition, est moins bien transmise que ne le sont les suivantes ; la dernière ligne est également moins bien transmise que les précédentes (voir fig. 61 et 61 *bis*).

Nous avons indiqué un moyen d'améliorer la qualité de la transmission à bandes latérales asymétriques en agissant sur la forme de la fonction de transfert du récepteur ; il en existe un second, c'est celui qui consiste, dans les systèmes à modulation positive, à établir le rapport synchro-vidéo de façon telle que le pourcentage de modulation maximum de l'image soit inférieur ou au plus égal à 50 %. On doit toutefois remarquer que cette amélioration ne

porte pas sur les tops de synchronisation qui restent modulés à 100 %.

Les améliorations indiquées étant, l'une applicable au récepteur, l'autre à l'émetteur, il convient dans chaque cas d'examiner les répercussions qu'elles peuvent entraîner.

1° *Cas du récepteur.*

Pour un nombre de tubes donné, la bande FI étant augmentée, nous aurons une diminution de l'amplification ; donc une perte de sensibilité.

2° *Cas de l'émetteur.*

La diminution du taux de modulation maximum entraîne une augmentation du rapport synchro-vidéo, et pour un émetteur donné et un rapport signal-bruit déterminé, on trouve une diminution de la portée de l'émetteur.

En conséquence, pour une portée maximum donnée, chaque amélioration de la transmission d'un signal est liée à une augmentation de la sensibilité du récepteur ou de la puissance de l'émetteur.

On retrouve là une liaison entre l'information et la puissance nécessaire pour la transmettre.

Note. — Les différentes particularités des systèmes de transmission à bandes latérales asymétriques ont été vérifiées par les expériences que nous avons effectuées. Des études expérimentales portant sur un grand nombre d'appareils, ont confirmé l'importance du rapport entre la bande intégralement transmise et la bande atténuée sur les régimes transitoires, et en particulier sur les tops de synchronisation de lignes en modulation positive.

ANNEXES

VII-1. *Calcul de la réponse au signal $f(t)$ d'un amplificateur « vidéo » du type « idéal » ayant pour pulsation de coupure Ω_c.*

En appliquant à l'entrée de l'amplificateur le signal $f(t)$ de la figure 9, le signal de sortie est :

$$M(t) = \frac{K}{\pi}\left\{ Si\left[\Omega_c (t - \tau_0 - T_1)\right] - Si\left[\Omega_c (t - \tau_0 - T_2)\right]\right\}$$

La réponse au signal « unité » $\Upsilon(t)$ est :

$$M_u(t) = \frac{K}{\pi}\left\{\frac{\pi}{2} + Si\left[\Omega_c (t - \tau_0)\right]\right\}$$

avec : Si (x) = sinus intégral de x

La figure 17 donne ce signal. La figure 9 donne $f(t)$.

VII-2. *Calcul de la réponse au signal $g(t)$ d'un amplificateur « F.I. » de type « idéal » à symétrie « paire » (voir figure 12).*

$$G_2(t) = \frac{K}{\pi}\left\{ Si\left[\Omega_c (t - \tau_0 - T_1)\right] - Si\left[\Omega_c (t - \tau_0 - T_2)\right]\right\} \cos \omega_p t$$

ou : $G_2(t) = M(t) . \cos \omega_p t$

le calcul de la réponse au signal « unité » donne

$$G_2(t)_u = M_u(t) \cos \omega_p t.$$

La figure 10 donne $g(t)$.

VII-3. *Calcul de la réponse au signal $g(t)$ d'un amplificateur antisymétrique « idéal » (voir figure 13).*

$$G_3(t) = \frac{K}{\pi}\left\{ - Ci\left[\Omega_c (t - \tau_0 - T_1)\right] + Ci\left[\Omega_q (t - \tau_0 - T_1)\right] + Ci\left[\Omega_c (t - \tau_0 - T_2)\right] - Ci\left[\Omega_q (t - \tau_0 - T_2)\right] + \frac{1}{\Omega_q}\left[- \frac{1}{Y}\int_o^{\Omega_q (t - \tau_0 - T_1)} \cos y \, dy + \frac{1}{X}\int_o^{\Omega_q (t - \tau_0 - T_2)} \cos x \, dx\right]\right\} \sin \omega_p t$$

avec :

$$x = [\omega - \omega_p](t - \tau_0 - T_2) = [\omega - \omega_p] . X$$

$$y = [\omega - \omega_p](t - \tau_0 - T_1) = [\omega - \omega_p] . Y$$

ou : $G_3(t) = N(t) . \sin \omega_p t$

le calcul de la réponse au signal « unité » donne :

$$G_3(t)_u = \frac{K}{\pi}\left\{ - Ci\left[\Omega_c (t - \tau_0)\right] + Ci\left[\Omega_q (t - \tau_0)\right] + \frac{1}{\Omega_q}\left[- \frac{1}{t - \tau_0}\int_o^{\Omega_q (t - \tau_0)} (t - \tau_0) \cos \left\{ [\omega - \omega_p] (t - \tau_0) \right\} d\omega \right]\right\} . \sin \omega_p t$$

ou $G_3(t)_u = N_u(t) . \sin \omega_p t.$

avec Ci (x) = cosinus intégral de x

VII-4. *Etude de la transmission d'un signal composite.*

Le système de transmission considéré ne comportera pas d'éléments non linéaires, tels qu'inductances présentant de l'hystérésis, contre-réaction sélective, etc...

Nous pouvons alors lui appliquer le théorème de superposition ; en conséquence, un signal tel que celui de la figure 30 peut être décomposé en échelons dont les amplitudes sont respectivement V_0, V_1, V_2 aux temps t_0, t_1, t_2, le calcul du signal de sortie se réduit alors à effectuer la somme des réponses du système aux échelons d'amplitudes V_0, V_1, V_2 appliqués aux temps t_0, t_1, t_2.

VII-5. *Etude des systèmes de transmission ayant des fonctions amplitude-fréquence et phase fréquence quelconques.*

Nous allons examiner le cas de la transmission d'un signal $f(t)$ dans un système ayant une fonction de transmission $h(\omega)$ telle que :

$$h(\omega) = H(\omega)\, e^{-j\theta(\omega)}$$

Si la fonction phase-fréquence est linéaire on a :

$$\theta_1(\omega) = \tau_0\, \omega$$

et $h(\omega)$ devient :

$$h_1(\omega) = H(\omega)\, e^{-j\tau_0\omega}$$

Etudions d'abord ce cas, puis nous verrons comment le calcul se modifie lorsque la fonction phase-fréquence est quelconque.

Soit $f(t)$ le signal appliqué :

$$f(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} g(\omega)\, .\, e^{j\omega t}\, d\omega$$

avec :

$$g(\omega) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} f(t)\, e^{-j\omega t}\, dt = G(\omega)\, e^{j\psi(\omega)}$$

où $g(\omega)$ est le spectre de fréquence du signal $f(t)$, avec $G(\omega)$ pour spectre d'amplitude et $\psi(\omega)$ pour spectre de phase.

Dans le cas général :

$$v(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} G(\omega)\, .\, H(\omega)\, e^{j[\omega t + \psi(\omega) - \theta(\omega)]}\, d\omega$$

Pour la fonction de transmission $h_1(\omega)$ l'application du signal $f(t)$ au système possédant cette fonction de transmission, donne le signal de sortie :

$$E(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} G(\omega)\, .\, H(\omega)\, .\, e^{j[\omega t + \psi(\omega) - \tau_0\omega]}\, d\omega$$

Si maintenant on prend la fonction de transmission :

$$h_2(\omega) = H(\omega)\, .\, e^{-j[\tau_0\omega - \varphi_1 \sin \tau_1\omega]}$$

ayant même module $H(\omega)$ que $h_1(\omega)$, mais un argument présentant de la distorsion de phase, l'application du signal $f(t)$ au système ayant cette fonction de transmission donnera un signal de sortie :

$$e(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} G(\omega)\, .\, H(\omega)\, .\, e^{j[\omega t + \psi(\omega) - \tau_0\omega + \varphi_1 \sin \tau_1\omega]}\, d\omega$$

$$= \int_{-\infty}^{+\infty} G(\omega)\, .\, H(\omega)\, .\, e^{j[\omega t + \psi(\omega) - \tau_0\omega]}\, .\, e^{j\varphi_1 \sin \tau_1\omega}\, d\omega$$

mais :

$$e^{j\varphi_1 \sin \tau_1\omega} = \sum_{k=-\infty}^{k=+\infty} J_k(\varphi_1)\, e^{jk\tau_1\omega} = J_0(\varphi_1) + J_1(\varphi_1)\, e^{j\tau_1\omega} + J_{-1}(\varphi_1)\, e^{-j\tau_1\omega} + \ldots$$

où J_0, J_1, J_{-1}... etc. sont des fonctions de Bessel d'ordre 0, 1, etc... Si φ_1 est petit ($\varphi_1 < 1$ radian) on peut négliger toutes les fonctions de Bessel d'ordre supérieur à 1.

En remarquant que $J_{-k} = (-1)^k J_k$

on peut donc écrire $e(t)$ sous la forme :

$$e(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} G(\omega).\, H(\omega)\, .\, e^{j[\omega t + \psi(\omega) - \tau_0\omega]}\, .\, [J_0(\varphi_1) + J_1(\varphi_1)\, e^{j\tau_1\omega} - J_1(\varphi_1)\, e^{-j\tau_1\omega}]\, d\omega$$

Il est alors facile de comparer le signal $e(t)$ donné à la sortie du système de transmission avec distorsion de phase $h_2(\omega) = H(\omega)\, .\, e^{-j\theta(\omega)}$ au signal $E(t)$ donné à la sortie du système de transmission $h_1(\omega)$ ayant même caractéristique d'amplitude $H(\omega)$ que $h_2(\omega)$ mais aucun distorsion de phase. On a :

$$e(t) = J_0(\varphi_1)\, E(t) + J_1(\varphi_1)\, E(t + \tau_1) - J_1(\tau_1)\, E(t - \tau_1)$$

φ_1 et τ_1 étant connu, cette formule permet de tracer graphiquement le signal $e(t)$ à partir de $E(t)$ ce qui rend facile la détermination du régime transitoire dans un système à distorsion de phase à partir du régime transitoire calculé pour un système ayant même courbe amplitude-fréquence mais pas de distorsion de phase ; or, on sait que, dans ce cas, le calcul direct du régime transitoire, donc de $E(t)$, est assez facile.

On peut étendre la méthode à une courbe de phase $\theta(\omega)$ quelconque, il suffit de déterminer le développement en série de Fourier correspondant à $\theta(\omega)$ dans la partie de la courbe amplitude-fréquence correspondant à la « zone de transmission ». Il est sans importance que la courbe $\theta(\omega)$ ne corresponde plus, en dehors de la zone de transmission, au développement en série de Fourier qui s'identifiait avec elle dans cette zone puisqu'en dehors de la « zone » la contribution du système à l'établissement du signal est négligeable.

BIBLIOGRAPHIE

Goldman « Television detail and selective sideband Transmission », *P.I.R.E.*, nov. 1939.

H. Nyquiest and K. W. Pflager « Effet of the quadrature component in single Sideband Transmission ». *Bell system tecbnical Journal* 1940. 19. o. 63.

R. D. Kell and G. L. Fredendall « Standardization of the transient response of Television transmitters ». *R.C.A. Review*. March 1949.

John Ruston « Improving T. V. System transient response ». *Electronics*. August 1952.

LA VIE ET L'ŒUVRE
DU MAJOR EDWIN H. ARMSTRONG

La fin tragique, à 63 ans, de l'un des deux ou trois principaux créateurs de la radioélectricité moderne, survenue le 1er février de cette année, a remis en lumière la carrière passionnante et la vie passionnée d'Edwin Howard Armstrong.

Personnalité d'une rare envergure, ce professeur et cet ingénieur remarquable n'a véritablement vécu que pour la radio — qui lui doit pour beaucoup sa structure actuelle. La clarté et la sûreté de son jugement qui ressortent dans ses textes, marqués par un sens « physique » rare à l'époque des premiers essais des circuits électroniques et par une fougue qui n'est plus de mise aujourd'hui, prennent toute leur valeur quand on peut considérer dans son ensemble l'œuvre accomplie par l'inventeur.

On sait que l'on peut principalement lui attribuer l'invention du circuit à réaction, en 1912, du superhétérodyne, en 1918, de la superréaction, en 1920, et enfin, l'invention, en 1933, de la modulation de fréquence à large bande. On sait aussi que les brevets correspondants, sauf les deux derniers, ont fait l'objet de litiges et d'oppositions acharnées qui n'ont pris fin qu'avec un jugement de la Cour Suprême des Etats-Unis rendu en 1934 ; encore le débat est-il demeuré ouvert pour bon nombre de techniciens.

Au cours de cette lutte très âpre, où pesaient de tout leur poids les grandes masses industrielles américaines, Armstrong établissait non seulement les démonstrations nécessaires à sa cause, mais il poursuivit ses travaux, ses cours et ses inventions.

Savant physicien, Armstrong était aussi un homme d'affaires averti : les redevances de ses brevets, leur négociation « cash » — qui rappelle parfois les péripéties des cessions des brevets d'Edison — lui valurent une fortune considérable. Il n'hésita jamais cependant à en sacrifier d'importantes fractions à la technique. Après sa mort, on découvrit qu'il avait maintenu en activité à ses propres frais un ancien réseau FM délaissé par les annonceurs, après que la FCC lui eut imposé une forte réduction de puissance.

L'histoire d'Armstrong se confond avec celle de l'électronique, de son développement technique, industriel et économique.

Et quand, son énergie usée en des luttes improductives, atteint dans sa foi même, désabusé par les échecs et les abandons éprouvés en quarante années de travail, il mit fin à ses jours en se précipitant de la fenêtre de son appartement new-yorkais, c'est toute l'époque des pionniers qui se terminait, commencée pour lui dans l'enthousiasme de sa vie d'étudiant, ébloui par les inventions de Marconi et bien décidé à réussir lui-même.

Né à New-York en 1890 (1,2), il vécut ses premières années dans l'atmosphère studieuse créée par la profession de son père, représentant américain de l'Oxford University Press. Jeunesse, sinon dorée, du moins très confortable dans la grande maison de Yonkers dont les combles furent bientôt transformés en laboratoires. Armstrong a 16 ans quand Lee de Forest dépose le brevet de la triode. Trois ans plus tard, déjà très rompu à la technique des circuits, Armstrong entre à l'Université Columbia, qu'il n'allait plus jamais quitter, comme étudiant d'abord, comme préparateur ensuite, puis, en 1937, comme professeur d'électrotechnique, chaire où il succéda à son maître Michael Pupin. Les laboratoires lui sont largement ouverts. Il y étudie patiemment l'utilisation de l'audion de Forest comme détecteur et réussit, un soir de l'automne 1912, à capter des signaux à grande distance : le montage à réaction était inventé. Les frais de dépôt du brevet s'élevaient à 150 dollars, mais, banquiers naturels des jeunes inventeurs, ni le père ni l'oncle d'Armstrong ne lui donnèrent cette somme, « l'essentiel pour lui étant d'obtenir son diplôme d'ingénieur »... Armstrong fit alors la seule chose possible : le 31 Janvier 1913, il déposa chez un notaire le texte et les schémas de son brevet du circuit à réaction.

Dans les mois qui suivirent, Armstrong découvrit une application de la réaction autre que la détection, en montrant qu'à partir d'un certain taux le circuit à audion se comportait en oscillateur et engendrait des courants de

haute-fréquence. Il se couvrit immédiatement d'un brevet, mais d'un brevet distinct des revendications de la détection, ce qui devait par la suite affaiblir sa position dans ses procès d'antériorité avec Lee de Forest.

Une réussite extraordinairement rapide va récompenser le jeune ingénieur, qui vient d'obtenir son diplôme. Ses démonstrations de détection suscitent l'intérêt de l'American Marconi C°, représentée par son collaborateur David Sarnoff, et de l'American Telephone et Telegraph, mais ces puissantes firmes laissent échapper l'occasion; elles n'achètent pas le brevet d'Armstrong, dont les finances personnelles à l'époque se seraient pourtant accommodées d'une somme assez modique. Cette négligence fut heureuse, car à l'automne de 1914, quand le brevet est publié, Armstrong peut céder la licence au prix fort. Les redevances se totalisent rapidement par plusieurs milliers de dollars. Mais ces succès commerciaux ne détournent pas Armstrong de ses travaux qu'il poursuit avec Pupin, sur l'élimination des parasites notamment, et qui lui donnent la première idée de la modulation de fréquence. Il confirme sa réputation scientifique en publiant de nombreux articles et en exposant ses théories de l'audion et de la réaction devant l'Institute of Radio Engineers (4,5). C'est alors qu'il entre en conflit ouvert avec Lee de Forest, qui a pris en 1914 un brevet sur ce qu'il a baptisé l'ultra-audition ou oscillion et conteste l'originalité des découvertes d'Armstong. Mais les Etats-Unis entrent en guerre au moment où la procédure *d'interférence* s'engage et les parties conviennent d'une trêve.

Armstrong, « Feed-back » Armstrong comme tel est son surnom, mobilisé comme capitaine du Signal Corps part pour l'Europe dès l'été 1917. Retenu à Southampton par le mauvais temps sur la Manche, il prend contact avec les ingénieurs de Marconi qui lui exposent les difficultés que l'on rencontre à détecter les signaux des émetteurs allemands, travaillant sur ondes « courtes ». Armstrong avait étudié en détail (6) le fonctionnement de l'hétérodyne et reprenant les principes de la méthode indiquée par Meissner, dès 1914, il mettait au point le récepteur superhétérodyne suivant son propre procédé du second harmonique (7). L'appareil ne fut réalisé qu'en 1920. Deux ans plus tard, l'A.T. and T. opposait à Armstrong le brevet déposé en 1917 par un lieutenant français — Lucien Lévy — dont elle s'était rendu acquéreur. Finalement, cette interférence-là n'eut pas de conséquence, les deux brevets ayant été versés au grand pool géré par RCA.

Il n'en fut pas de même pour les brevets de la réaction et du circuit oscillant, en interférence avec ceux de Lee de Forest. L'histoire du litige est unique en ce qu'elle s'éternisa plus de vingt ans; elle est aussi célèbre en ce qu'elle fit intervenir deux fois la Cour Suprême des Etats-Unis.

Les récents mémoires de Lee de Forest (3) permettent de reconstituer assez bien toute l'affaire qui ne saurait, au demeurant, rien retrancher du mérite et du génie d'Armstrong, qui opéra incontestablement ses premières découvertes de façon indépendante comme le prouveraient assez bien toutes celles qu'il devait faire par la suite, en en conservant la pleine propriété.

Pour autant qu'il faille assortir les découvertes techniques d'une valeur juridique, il semble acquis que le premier brevet couvrant le principe de la réaction soit le brevet allemand d'Alexander Meissner, de Telefunken, déposé le 10 Avril 1913. Ensuite, dans l'ordre des dépôts de brevets — qui ne coïncide pas avec l'ordre des dates revendiquées pour l'invention — on trouve aux Etats-Unis deux brevets déposés le 29 Octobre 1913, celui de Langmuir, revendiquant le 1er Août 1913 comme date de l'invention, et celui d'Armstrong, revendiquant plus vaguement l'automne 1913 comme date de l'invention. Ce dépôt d'Armstrong faisant suite à son dépôt chez le notaire du 31 Janvier de la même année, couvrait le principe de la réaction seul, mais non celui de son application à l'oscillateur, pour lequel — on l'a vu — il déposa un brevet séparé, et cela le 18 Décembre 1913. Le premier des deux brevets lui fut accordé le 6 Octobre 1914 sous le numéro 1.113.149 : c'est celui qui lui rapporta ses premières redevances.

Après Langmuir et Armstrong, on trouve le 16 Mars 1914 le dépôt aux Etats-Unis de Meissner, revendiquant naturellement le 9 Avril 1913 comme date de l'invention, puis quelques jours plus tard, le 20 Mars 1914, de Forest effectuait enfin le dépôt de son brevet du circuit oscillant et plus d'un an après, le 23 Septembre 1915, celui de la réaction. Mais, et c'est là le point essentiel, il revendiquait comme date de l'invention *le 6 Août 1912*, antériorisant toutes les autres.

Au début de l'interférence, les choses se passèrent bien pour Armstrong qui, par l'entremise de ses licenciés, Westinghouse, poursuivait en contrefaçon la compagnie de Forest Radio Telephone et Telegraph. L'action judiciaire engagée, Westinghouse offre à Armstrong de lui acheter son brevet de la réaction (complété par le brevet superhétérodyne) pour 335.000 dollars payables en dix ans. D'autre part, deux versements de 100.000 dollars chacun lui seraient faits si le Patent Office confirmait la validité de sa demande de brevet pour l'utilisation de la réaction dans le circuit oscillant. Armstrong, déjà passablement endetté par toutes ces procédures, accepte à contre-cœur, mais à l'automne de 1922, il a la satisfaction de voir la US Circuit Court of Appeals rendre un jugement en sa faveur, après que la Compagnie de Forest ait fait une première fois appel d'une décision défavorable...

Cependant, le temps passait et la durée des brevets américains est, on le sait, limitée à 17 ans. Et lorsqu'après un nouvel appel, de Forest emportait enfin, en 1924, une décision favorable de la Cour d'Appel du District de Columbia, non seulement Armstrong perdait le versement conditionnel de 100.000 dollars, mais il perdit aussi l'enthousiasme de ses supporters, Westinghouse en tête, car, avec la formule du pool de brevets radio dont elle faisait partie, cette Compagnie avait tout à gagner et rien à perdre à ce que des brevets aussi fondamentaux que ceux de la réaction et du circuit oscillant aient 17 ans à courir et non 7 : à savoir, 17 ans pour les brevets de Forest accordés *le 2 Septembre 1924*, contre 7 ans pour celui d'Armstrong du 6 Octobre 1914...

Si bien qu'après quelques nouvelles années de débats qui, conduisirent en 1928 l'affaire en Cour Suprême où fut confirmé le jugement de 1924, RCA et Westinghouse abandonnèrent leur défense des brevets Armstrong.

Mais l'inventeur qui, répétons-le, pendant tout ce temps ne négligeait nullement ses travaux, ne l'entendait pas ainsi et il annonça qu'il continuerait seul jusqu'à ce qu'il obtienne la révision du jugement. Extraordinairement, l'occasion s'en présente bientôt, quand RCA poursuit en contrefaçon, au titre des brevets de Forest à présent, un petit constructeur de Long Island et gagne son procès. Le condamné fait appel et la Cour d'Appel de New-York lui donne raison contre RCA et, par suite, contre la Cour Suprême elle-même. Toute l'affaire est reprise par cette dernière, c'est un nouveau défilé de témoins, un examen minutieux des textes et du carnet de laboratoire rédigé par de Forest en 1912 à l'usine de Palo Alto de la Federal Telegraph Cy, et c'est enfin la confirmation définitive le 21 Mai 1934 de la validité des brevets de Forest (cf 3, p. 382).

Armstrong, indigné, renvoie à l'IRE la Médaille d'Honneur dont il avait été le premier titulaire en 1917. L'Institut refuse cette démission et confirme Armstrong dans son titre. Il est bientôt suivi dans sa décision par le Franklin Institute qui décerna en 1941 sa Médaille d'Honneur à Armstrong, puis par l'American Institute of Electrical Engineers qui lui remet la Médaille Edison en 1943 pour ses trois inventions du circuit à réaction, du superhétérodyne et de la FM. Lors de la cérémonie, Alan Hazeltine, rappelant la découverte fortuite de la superréaction intervenue alors qu'Armstrong procédait à l'une des innombrables démonstrations réclamées par les experts en propriété industrielle, lui fit le plus beau compliment que puisse souhaiter un physicien : « Quatre-vingt dix neuf expérimentateurs sur cent auraient ou bien négligé le phénomène ou n'auraient pas pu en trouver la cause. »

Puis vint la FM, la grande œuvre d'Armstrong, celle à laquelle il consacra toute son énergie et toutes ses ressources, et qui, cependant, le paya assez mal de retour. La modulation de fréquence n'a pas été « inventée » par

Armstrong; il y songeait depuis 1915 comme aussi Zenneck, Eccles, etc. (9). Les travaux mathématiques de Carson, Roder et van der Pol démontrèrent la nécessité de réaliser une déviation de fréquence de grande valeur. La plupart concluaient au peu d'intérêt de la méthode, et, en tout cas, à la grande difficulté de sa mise en œuvre technique. Le mérite majeur d'Armstrong fut de concevoir les circuits d'émission (modulateur symétrique à déphasage et multiplicateurs) et de réception (discriminateur à réactance) permettant la modulation à large bande. RCA dépêcha à la fin de 1933, ses techniciens examiner à Columbia la nouvelle chaîne FM et mit à la disposition d'Armstrong l'émetteur expérimental de télévision sur 44 Mc/s. de la N.B.C. à l'Empire Stade Building. Les essais se poursuivirent jusqu'en Octobre 1935 — avec un plein succès. Puis RCA sans prendre position, reprend ses installations pour continuer ses essais de télévision.

De nouvelles difficultés étaient à prévoir. Armstrong, une fois encore, fort de ses résultats, décide de monter sa propre station. Pour réunir les fonds nécessaires, il vend des titres, dont un paquet d'actions RCA qu'il avait jadis reçu en paiement partiel du brevet de la superréaction... Il va dès lors s'acharner seul à faire triompher son système; après de nombreux atermoiements, la FCC alloue cinq canaux FM et délivre à Armstrong une licence pour la construction d'un émetteur à Alpine, New Jersey, qui entre en service en été 1938. Le démarrage s'opère bien. Plusieurs firmes, General Electric, Stromberg-Carlson, Zenith commencent à fabriquer des récepteurs sous licences Armstrong et l'année suivante trois nouvelles stations entrent en scène.

RCA rentre alors dans le concert, après avoir mis au point son propre système qui lui permet de pressentir Armstrong en meilleure position, en lui offrant un million de dollars pour une licence simple, sans redevances. Armstrong refuse; il n'accordera jamais un tel régime préférentiel à RCA.

En Mars 1940, la FCC homologue le système Armstrong à large bande et, attribuant à la FM la bande de fréquence réservée à la télévision expérimentale, 44 à 50 Mc/s, libère 40 canaux qui sont bientôt tous occupés. 500.000 récepteurs sont vendus. De plus, la FCC choisit la FM pour la voie son de la télévision. C'est alors que la guerre vient tout arrêter. En Octobre 1944, deux coups sévères sont portés à la FM. La bande de fréquence allouée est portée à 100 Mc/s, ce qui amène automatiquement tous les inconvénients du « double standard », les stations de l'ancienne gamme devant être maintenues en activité; d'autre part, la puissance nominale des stations est fortement réduite, pour atténuer la concurrence faite aux réseaux AM. Enfin, la Fédération des Musiciens décrète l'obligation d'employer des artistes différents pour chacun des réseaux AM et FM, ce qui n'améliore évidemment pas les budgets déjà serrés de ces derniers. Néanmoins, en 1949 on comptait plusieurs millions de récepteurs, 630 stations indépendantes ou groupées en chaîne et le marché de la « radio haute fidélité » s'évaluait à 300 millions de dollars par an.

Pendant que s'opérait ce développement avec des fortunes diverses, seuls quelques constructeurs versaient des redevances à Armstrong, dont le brevet FM allait d'ailleurs expirer en 1950 (1). A cet égard, le détecteur de rapport, développé par RCA en 1946, constituait une fuite de redevances supplémentaire. Armstrong entama un nouveau procès qui s'enlisa dans la procédure préparatoire.

L'essentiel aux yeux d'Armstrong était, au demeurant, de développer la FM. Et c'est là qu'il connut peut-être sa plus grande déception, causée, non point tant par les réserves et les manœuvres des grandes compagnies, somme toute de bonne guerre industrielle — et dont il avait en tout cas une forte habitude — mais bien celle causée par le peu d'empressement manifesté par le grand public à l'égard de la haute fidélité. Elle ne sembla jamais devoir supplanter la modulation d'amplitude classique. Les grands réseaux AM ne créèrent pratiquement aucun programme spécial pour la FM dont ils tiraient peu de revenu publicitaire. Les petites stations FM indépendantes, vivant mal, laissèrent décroître leur niveau artistique et furent bientôt contraintes de suspendre leurs émissions. Il est certain que la FM, qui était susceptible de rénover la radiodiffusion sonore, se révéla finalement un remède assez superflu en face de la toute puissante télévision.

Ainsi, l'homme d'action, le créateur qu'était Armstrong ne trouva pas dans la FM les grandes satisfactions qu'il attendait.

Longtemps cependant il envisagea sa carrière avec une sereine philosophie : « La bonne étoile qui m'a toujours suivi, donnant deux fois leur chance à toutes mes inventions, c'est tout ce qu'un homme peut espérer et c'est plus que ce qu'il a le droit d'attendre... »

Sa disparition brutale n'en est que plus cruelle, mais son nom restera toujours associé à une très belle et très grande œuvre de technicien.

P. B.

BIBLIOGRAPHIE

1. Armstrong of Radio, Fortune, Fév. 1948.
2. The late Edwin H. Armstrong. par Lawrence P. Lessing, Scientific American, Avril 1954.
3. Father of Radio, autobiographie de Lee de Forest, Wilcox et Follett, C° Chicago 1950, chap. 40, p. 475.
4. Article d'Armstrong sur l'audion, Electrical World, 12 Décembre 1914.
5. Some recent developments in the audion receiver E.H. Armstrong. P.I.R.E., Sept. 1915, vol. 3, n° 3, p. 215.
6. A study of heterodyne amplification by the electron relay, E.H. Armstrong. P.I.R.E., Avril 1917, vol. 5, n° 2, p. 145.
7. A new system of short wave amplification, E.H. Armstrong, P.I.R.E., Fév. 1921, vol. 9, n° 1, p. 3.
8. Some recent developments of regenerative circuits, E.H. Armstrong, P.I.R.E., Août 1922, vol. 10, n° 4, p. 244.
9. A method of reducing disturbances in radio signaling by a system of frequency modulation, E.H. Armstrong, P.I.R.E., Mai 1936, vol. 24, n° 5, p. 689 (1).

(1) Les brevets FM sont :

Aux U.S.A. : n° 1.941.069 du 26-12-1933, déposé le 21 janvier 1933.
En France : n° 771.091, du 24 janvier 1934.

— Depuis 1949, Armstrong et J.S. Bose développaient un système FM Multiplex, transmettant deux programmes simultanés dans la bande standard de 20 Kc/s.

TABLE DES MATIÈRES

VOLUME XXXIV **ANNÉE 1954** **NUMÉROS 322 à 333**

TITRES DES ARTICLES	AUTEURS	PAGES	MOIS
T. 0. — Généralités			
Généralités sur les éléments non linéaires	P. AIGRAIN	555	Juillet.
Le Comité Consultatif International des Radiocommunications. (Résumé des travaux de sa 7e Assemblée Plénière)	Bramel DE CLEJOUX	622	Juillet.
Quelques remarques sur le temps considéré comme variable complexe	E. COLIN - CHERRY	7	Janvier.
Spectre moyen d'une suite d'impulsions en principe périodiques et identiques mais déplacées et déformées aléatoirement	R. FORTET	683	Août-Septembre.
T. 1. — Mesures			
Appareil sensible pour la mesure de la résistance parasite de cathode	P. SEVIN	673	Août-Septembre.
Appareillage de mesure du traînage d'un signal bref	J. BENDAYAN	153	Février.
Correcteur d'amplitude-phase pour échomètres à impulsions destinés au contrôle des câbles électriques à grande distance	G. COMTE M. BOUDERLIQUE	514	Juin.
La mesure de la distorsion non-linéaire et les causes de divergence des résultats obtenus par les différentes méthodes	POKROWSKI	525	Juin.
Les compteurs de Geiger-Müller (G-M.) les circuits associés et techniques de comptage	A. BENOIT E. PICARD	652	Août-Septembre.
Localisation de dérangement sur câbles sous-marins par observation oscillographique des échos d'une impulsion	M. BLATRIX MAUGARD	425	Mai.
Représentation et mesure de l'argument et du module d'une impédance à l'oscilloscope cathodique	P. POPOVIC	376	Avril.
T.2. — Rayonnement — Propagation			
Développements nouveaux de la technique des impulsions pour l'examen des câbles	J. OUDIN	163	Février.
La modulation par impulsions d'un faisceau ionique	W. FISHWICK	110	Février.
L'analyse impulsionnelle des câbles et ses développements	J. OUDIN	573	Juillet.
La propagation des ondes électroniques de charge d'espace dans les guides et les tubes à structure périodique	O.E.H. RYDBECK B. AGDUR	499	Juin.
Les ondes métriques en radiodiffusion	MERCIER	295	Mars.
Les parasites artificiels dans les systèmes de modulation par variation de l'amplitude et par variation de la fréquence	MAURICE	303	Mars.
Ondes de courant sans tension et de tension sans courant sur deux lignes parallèles	M. COTTE	381	Avril.
Problèmes d'actualités dans l'étude de la transmission des ondes ultra-courtes	J. VOGE	487	Juin.
Propagation d'une impulsion sur un guide d'onde	M. COTTE	143	Février.
Réduction de la déformation des impulsions transmises par une ligne coaxiale parfaitement homogène par transposition de fréquence	R. CAZENAVE	147	Février.
Sur les pertes dans les lignes à fils parallèles	J. ARSAC P. ANDRÉ R. ZACCAÏ	170	Février.
T. 3. — Production des oscillations électriques			
Perturbations d'un oscillateur non-linéaire filtré	G. CAHEN	80	Janvier.
T. 4. — Amplification et réception			
Correcteurs de signaux utilisant des lignes à retard	P.F. GLOESS H. MARTIN	584	Juillet.
Emploi des récepteurs à superréaction comme amplificateurs moyenne fréquence pour la réception des impulsions de radar	S. MARMOR	73	Janvier.
Le récepteur L.C.T. de radar à élimination des échos sur obstacles fixes	M. TANTER	99	Février.
Le signal minimum utilisable en réception radar et son amélioration par certains procédés de corrélation	L. GÉRARDIN	67	Janvier.
Procédé assurant la stabilité et l'égalité des largeurs de bande dans un sélecteur d'amplitude d'impulsions	H. GUILLON	603	Juillet.

TITRES DES ARTICLES	AUTEURS	PAGES	MOIS
T. 5. — Exploitation et Applications			
Causes diverses de diaphonie dans les systèmes multiplex à impulsions	J. FAGOT	21	Janvier.
Evolution de la technique des impulsions appliquée aux télécommunications	E.M. DELORAINE	339	Avril.
Le multiplex à 12 voies à modulation par impulsions codées de la S.A.C.M.	P. HERRENG	413	Mai.
Le multiplex à 16 voies à modulation codée de la C.Γ.T.H.	J. BOISVIEUX	363	Avril.
Les applications des impulsions dans les systèmes d'interconnexion téléphonique	G. LEHMANN	342	Avril.
Les multiplex à impulsions de la S.F.R.	P. RIVÈRE	356	Avril.
Les réseaux correcteurs pour servomécanismes à fréquence porteuse	P. BONNET	688	Août-Septembre.
Le système de radiotélégraphie multiplex T.O.R.	J.J. DUPONT	449	Mai.
Réalisation d'un modulateur simple et économique	Ch. AZEMA	609	Juillet.
Utilisation de systèmes à impulsions pour la transmission simultanée des signaux de téléphonie, de télégraphie et de radiodiffusion	G.X. POTIER	347	Avril.
54. — Radiotransmission des images			
Considérations sur le fonctionnement des vidigraphes	Y. ANGEL	958	Décembre.
Echanges européens de programmes de télévision	TAILLAN	914	Novembre.
Enregistrement cinématographique des images de télévision	DELBORD	974	Décembre.
Equipement léger de relais hertzien sur ondes centimétriques	POLONSKY	932	Novembre.
Equipement de prises de vues de l'émetteur de télévision de Strasbourg	BARTHON	858	Novembre.
Equipement de télécinéma de la station de télévision de Strasbourg	MANDEL	853	Novembre.
Etude du pouvoir résolvant des émissions photographiques	MAUGE	1013	Décembre.
La caméra, élément commun des cars de reportage de la R.T.F.	Jourdain DE THIEULLOY	926	Novembre.
Le centre de télévision de Milan	MAGELLI	981	Décembre.
Le faisceau hertzien de télévision Cassel-Douvres	A. LAURENS	999	Décembre.
L'émetteur de télévision de Strasbourg	POLONSKY	866	Novembre.
Le nouveau car de reportage de la R.T.F.	FAVREAU	930	Novembre.
L'équipement de télécinéma de la C.F.T.H.	TAFFLET	943	Novembre.
Les démonstrations de télévision à l'occasion du soixantenaire de l'E.S.E. et échanges internationaux de l'Eurovision	P. BRAILLARD, CLAVIER, VERREE, MAGNE	923	Novembre.
Les faisceaux hertziens de télévision, type GDH 101	BOURASSIN	876	Novembre.
Les systèmes de transmission de télévision à bandes latérales asymétriques		897	Novembre.
Suite et fin		1020	Décembre.
L'œil et le spectacle de la télévision	BOUTRY	824	Novembre.
Organisation générale de la station de télévision de Strasbourg	LAMARCHE	842	Novembre.
Projection de télévision sur grand écran	ALLARD	940	Novembre.
Recherches des règles permettant l'exploitation économique rationnelle des standards de télévision actuels	BOUTRY	989	Décembre.
Un équipement de télévision industrielle	ALLARD	1006	Décembre
Un nouveau procédé de télévision avec analyse en spirale	DERVEAUX	838	Novembre.
Un nouveau type d'aérien et son application à la transmission de télévision à grande distance	SIMON, BIGGI	883	Novembre.
Erratum		1051	Décembre.
T. 6. — Détails et Construction des Appareils et du Matériel			
Analyse automatique des distorsions dans les appareils de reproduction sonore	BRUEL	725	Octobre.
Application de l'enregistrement aux mesures de temps et au contrôle de position d'un mobile	Gl. GILSON, OEMICHEN	274	Mars.
Application des procédés magnétiques à la sonorisation des films cinématographiques	DIDIER, MARTIN, DESNEIGES	786	Octobre
Description d'un dispositif d'enregistrement	A. PAGES	700	Août-Septembre.
Enregistrement automatique de la pluviométrie d'une haute vallée en vue de travaux hydroélectriques	A. BALP	265	Mars.
Enregistrement et corrélation optique	J. LOCHARD	276	Mars.
Enregistrement géophysique sur bande de magnétophone	G. DUPOUY	789	Octobre.
Enregistrement magnétique de longue durée : un dispositif à têtes tournantes utilisant le film magnétique perforé 35 mm	GARREAU	273	Mars.
Enregistrement magnétique des signaux video	J.T. MULLIN	765	Octobre.
Extension des procédés mécaniques d'enregistrement à la bande infra-sonore et son application à l'étude des mouvements physiologiques de très faible amplitude	F. PASQUINELLY	279	Mars.
La meilleure utilisation des plaques photographiques pour l'enregistrement des quanta de lumière	D. GABOR	800	Octobre.
L'apport des techniques d'enregistrement dans la fabrication de matières et de formes musicales nouvelles. Applications à la musique concrète	J. POULLIN	282	Mars.
La synchronisation des projecteurs amateurs et des magnétophones	OLIVER	253	Mars.

TITRES DES ARTICLES	AUTEURS	PAGES	MOIS
L'enregistrement des fluctuations de vitesse des enregistreurs à l'aide d'un analyseur de fréquences musicales	M. Grutzmacher W. Kallenbach	738	Octobre.
Le typosonographe phonétique ou phonotographe de J. Dreyfuss-Graf	L. Challier	267	Mars.
Les polycylindres et la diffusion des ondes sonores	Lamoral	308	Mars.
Lignes à retard à constantes localisées	H. Feissel	53	Janvier.
L'impédance parasite de cathode	Mlle M. Berthaud	663	Août-Septembre.
L'incidence des techniques nouvelles du son sur la normalisation du Cinéma	Vivié	255	Mars.
Magnétophone portatif autonome	M. Scubbi	773	Octobre.
Mémoire de grande capacité à bande magnétique et quelques-unes de ses applications	C. Dumousseau	271	Mars.
Oscillographie économique du schéma de modulation par un appareil de coût et de fonctionnement bon marché, utilisable avec les appareils enregistreurs à vitesse variable	Broughton	204	Mars.
Sur un dispositif d'enregistrement des impulsions	Y. Druet R. Kuhne	268	Mars.
Sur la nécessité d'enregistrer les informations dans les transmissions par modulation d'espacement d'impulsions	G. Potier	282	Mars.
Transmission des niveaux d'eau	Garreau	803	Octobre.
Un enregistreur lecteur magnétique pour l'enregistrement des radiocommunications air-sol-air dans l'aviation civile	R. Vergely R. Lehmann	774	Octobre.
Une ligne à retard variable à ruban magnétique	Toutan	291	Mars.
Un magnétophone à voies multiples pour dispatching	H. Piraux	770	Octobre.
Une méthode photographique d'enregistrement sonore sur disques de verre	A. Forty	793	Octobre.
Un système d'enregistrement et de reproduction des signaux de télévision	C.G. Mayer	760	Octobre.
67. — Appareillage radio-acoustique			
Applications de l'enregistrement dans la Marine	Meunier	743	Octobre.
Aspects de l'exploitation de l'enregistrement magnétique en radiodiffusion	Fontan Perez	751	Octobre.
Comparaison entre les propriétés électro-acoustiques des enregistrements photographiques et des enregistrements magnétiques	A. Lovichi	253	Mars.
Dynamique de l'enregistrement magnétique	D. Kleis	240 et 753	Mars. Octobre.
Etude du processus d'enregistrement magnétique avec courant alternatif superposé. Complément	J. Borne	231 781	Mars. Octobre.
Etude de la suspension des graveurs de disques et des conditions de coupe dans la gravure des disques souples	P. Meunier	260	Mars.
Evolution des méthodes de restitution de l'espace auditif	J.W. Garrett	215	Mars.
Evolution de la technique d'enregistrement et de reproduction des sons	A. Didier	213	Mars.
La qualité musicale des enregistrements et l'utilisation des systèmes compresseurs-décompresseurs	A. Warnier	744	Octobre.
L'emploi de l'enregistrement sonore pour l'analyse des transitoires	H. Briner	200	Mars.
L'enregistrement magnétique des fréquences supérieures à 100 kc/s. Conditions physiques à observer — Limites actuelles Complément	J. Périlhou	242 782	Mars. Octobre.
Les bruits de fond du disque, difficultés de fabrication	Y. Caillez	256	Mars.
Les caractéristiques d'enregistrement des disques	P. Gilotaux	257	Mars.
Les distorsions dans l'enregistrement et la reproduction des sons	A. Lubszynski	226	Mars.
Les nouveaux appareils d'enregistrement magnétique du son employés par les Sociétés de Radiodiffusion de la République fédérale allemande Complément	H. Schiesser	244 782	Mars. Octobre.
Les tendances actuelles dans la constitution d'une chaîne d'enregistrement	Aginski Kahn Cytrin	197	Mars.
Origine et particularités des bruits de fond dans l'enregistrement sur bande magnétique	F. Gallet	234	Mars.
Reproduction des petites longueurs d'ondes enregistrées sur bande magnétique	W.K. Westmijze	248	Mars.
Sur l'application de l'enregistrement à l'étude de l'audition et à l'audiométrie	Chavasse Vallancien	732	Octobre.
T. 7. — Législation, règlements			
Compte rendu de la réunion du C.I.S.P.R. (Londres 1953)	P. Passérieux	536	Juin.
T. 8. — Sujets connexes à la Radioélectricité			
Le formatron (tube électronique ayant une caractéristique quelconque préétablie) Suite et fin	Ed. Labin	518 614	Juin. Juillet.
Phénomènes fondamentaux dans les tubes à onde progressive	R. Warnecke P. Guénard O. Doehler	323	Avril.
Quelques propriétés physiques des ferrites	H.P. Wijn	418	Mai.

TITRES DES ARTICLES	AUTEURS	PAGES	MOIS
T. 9. — Divers			
Comparaison des modulations codées et des modulations classiques	J.P. VASSEUR	508	Juin.
Diode au germanium « à espace positif ». Nouvel outil pour la technique des impulsions	A.H. REEVES	32	Janvier.
Expression analytique de l'exposant de transfert d'un circuit appelé à transmettre des impulsions	M. VILLE	135	Février.
Impulsions de Gauss	J.P. VASSEUR	139	Février.
Isolement phonique des structures légères	I. PUJOLLE L. LAMORAL	384	Avril.
La photoconductivité	A. ROSE	645	Août-Septembre.
La technologie du germanium	J.M. MERCIER	559	Juillet.
La technique des impulsions et les brevets	I. INCOLLINGO	14	Janvier.
Le transféromètre	LANDRIN	594	Juillet.
Les limites théoriques de la transmission en cas de niveau de bruit élevé, pour différents systèmes de modulation continue et de modulation codée	F. de JAGER	675	Août-Septembre.
Les matériaux céramiques (mise au point technique et bibliographique)	J. SUCHET	460	Mai.
Les méthodes de synchronisation et de distribution dans les systèmes multiplex à division dans le temps	I. INCOLLINGO	431	Mai.
Modulation conjuguée d'une démodulation linéaire	J.A. VILLE	372	Avril.
Nouvelles chaînes de basculeurs utilisées dans les machines à calculer pour le comptage à base 10 et à base 12	BRUZAC	59	Janvier.
Production de signaux de déblocage dans une machine à calculer décimale par un circuit à nombre de tube réduit	BOYER	63	Janvier.
Quelques expériences sur les dispositifs à déviation de faisceau et multiplicateur électroniques pour impulsion de l'ordre de la millimicroseconde	C.H. VINCENT	119	Février.
Repérage d'un grand nombre d'intervalles de temps élémentaires au cours d'un cycle	B. LECLERC	47	Janvier.
Sur certains réseaux passifs en régime transitoire	M.D. INDJOUDJIAN	441	Mai.
Suite et fin		534	Juin.
Sur l'étude et la réalisation des circuits à coïncidence	M. NAMIAN	123	Février.
Terminologie des systèmes asservis	NASLIN	588	Juillet..
Une technique de circuits électroniques pour machines à calculer rapides	G. PIEL	38	Janvier.
Un nouveau dispositif bi-stable à grande vitesse pour l'aiguillage des impulsions	Y. DRUET	130	Février.

TABLE DES MATIÈRES PAR NOMS D'AUTEURS

VOLUME XXXIV — ANNÉE 1954 — NUMÉROS 322 à 333

AUTEURS	TITRES DES ARTICLES	PAGES	MOIS
AGDUR B.	La propagation des ondes électroniques de charge d'espace dans les guides et les tubes à structure périodique	499	Juin.
AGINSKY.	Les tendances actuelles dans la constitution d'une chaîne d'enregistrement	197	Mars.
AIGRAIN P.	Généralités sur les Eléments non linéaires	555	Juillet.
ALLARD.	Projection de Télévision sur grand écran	940	Novembre.
ALLARD.	Un équipement de télévision industrielle	1006	Décembre.
ANDRÉ P.	Sur les pertes dans les lignes à fils parallèles	170	Février.
ANGEL.	Considérations sur le fonctionnement des vidigraphes	958	Décembre.
ARSAC J.	Sur les pertes dans les lignes à fils parallèles	170	Février.
AZEMA Ch.	Réalisation d'un modulateur simple et économique	609	Juillet.
BALP A.	Enregistrement automatique de la pluviométrie d'une haute vallée en vue de travaux hydroélectriques	265	Mars.
BARTHON.	Equipement de prises de vues de l'émetteur de télévision de Strasbourg	858	Novembre.
BENDAYAN J.	Appareillage de mesure du traînage d'un signal bref	153	Février.
BENOIT A.	Les compteurs de Geiger-Müller (G-M) les circuits associés et techniques de comptage	652	Août-Septembre.
Mlle M. BERTHAUD.	L'impédance parasite de cathode	663	Août-Septembre.
BIGGI.	Un nouveau type d'aérien et son application à la transmission de télévision à grande distance	883	Novembre.
BILLARD P.	L'œil et le spectacle de la télévision	824	Novembre.
BILLARD P.	Recherches des règles permettant l'exploitation économique rationnelle des standards de télévision actuels	989	Décembre
BLATRIX M.	Localisation de dérangements sur câbles sous-marins par observation oscillographique des échos d'une impulsion	425	Mai.
BOISVIEUX J.	Le multiplex à 16 voies à modulation codée de la C.F.T.H.	363	Avril.
BONNET P.	Les réseaux correcteurs pour servo-mécanismes à fréquence porteuse	688	Août-Septembre.
BORNE J.	Etude du processus d'enregistrement magnétique avec courant alternatif superposé	231	Mars.
	Complément	781	Octobre.

AUTEURS	TITRES DES ARTICLES	PAGES	MOIS
Bouderlique M.	Correcteur d'amplitude-phase pour échomètres à impulsions destinés au contrôle des câbles électriques à grande distance	514	Juin.
Bourassin.	Les systèmes de transmission de télévision à bandes latérales asymétriques	897	Novembre.
Bourassin.	Les systèmes de transmission de télévision à bandes latérales asymétriques	1020	Décembre.
Boutry.	L'œil et le spectacle de la télévision	824	Novembre.
Boutry.	Recherches des règles permettant l'exploitation économique rationnelle des standards de télévision actuels	989	Décembre.
Bouthillon L.	A propos du livre « l'ingénieur et les brevets d'invention », de André Bertin	631	Juillet.
Boyer M.	Production de signaux de déblocage dans une machine à calculer décimale par un circuit à nombre de tubes réduit	63	Janvier.
Braillard	Les démonstrations de Télévision à l'occasion du soixantenaire de l'ESE et échanges internationaux de l'Eurovision	923	Novembre.
Bramel de Clejoux L.	Le Comité Consultatif International des Radiocommunications. (résumé des travaux de sa VII[e] Assemblée plénière)	622	Juillet.
Briner H.	L'emploi de l'enregistrement sonore pour l'analyse des transitoires	200	Mars.
Broughton	Oscillographie économique du schéma de modulation par un appareil de coût et de fonctionnement bon marché, utilisable avec les appareils enregistreurs à vitesse variable	204	Mars.
Bruel	Analyse automatique des distorsions dans les appareils de reproduction sonore	725	Octobre.
Bruzac M.	Nouvelles chaînes de basculeurs utilisées dans les machines à calculer pour le comptage à base 10 et à base 12	59	Janvier.
Cahen G.	Perturbations d'un oscillateur non-linéaire filtré	80	Janvier.
Caillez Y.	Les bruits de fond du disque, difficultés de fabrication	256	Mars.
Cazenave R.	Réduction de la déformation des impulsions transmises par une ligne coaxiale parfaitement homogène par transposition de fréquence	147	Février.
Challier L.	Le typosonographe phonétique ou phonotographe de J. Dreyfuss-Graf	267	Mars.
Chavasse	Sur l'application de l'enregistrement à l'étude de l'audition et à l'audiométrie	732	Octobre.
Clavier.	Les démonstrations de Télévision à l'occasion du soixantenaire de l'E.S.E. et échanges internationaux de l'Eurovision	923	Novembre.
Colin-Cherry E.	Quelques remarques sur le temps considéré comme variable complexe	7	Janvier.
Comte G.	Correcteur d'amplitude-phase pour échomètres à impulsion destiné au contrôle des cables électriques à grande distance	514	Juin.
Cotte M.	Propagation d'une impulsion sur un guide d'onde	143	Février.
Cotte M.	Ondes de courant sans tension et de tension sans courant sur deux lignes parallèles	381	Avril.
Cytrin	Les tendances actuelles dans la constitution d'une chaîne d'enregistrement	197	Mars.
Delbord.	Enregistrement cinématographique des images de télévision	974	Décembre.
Deloraine E. M.	Evolution de la technique des impulsions appliquée aux télécommunications	339	Avril.
Derveaux.	Un nouveau procédé de télévision : le balayage en spirale	838	Novembre.
Desneiges P.	Description d'un dispositif d'enregistrement	700	Août-Septembre.
Didier A.	Evolution de la technique d'enregistrement et de reproduction des sons	213	Mars.
Didier A.	Application des procédés magnétiques à la sonorisation des films cinématographiques	786	Octobre.
Doehler O.	Phénomènes fondamentaux dans les tubes à ondes progressives	323	Avril.
Druet Y.	Sur un dispositif d'enregistrement des impulsions	268	Mars.
Druet Y.	Un nouveau dispositif bi stable à grande vitesse pour l'aiguillage des impulsions	130	Février.
Dumousseau C.	Mémoire de grande capacité à bande magnétique et quelques-unes de ses applications	271	Mars.
Dupont J. J.	Le système de radiotélégraphie multiplex T.O.R.	449	Mai.
Dupouy G.	Enregistrements géophysiques sur bande de magnétophone	789	Octobre.
Fagot J.	Causes diverses de diaphonie dans les systèmes multiplex à impulsions	21	Janvier.
Favreau.	Le nouveau car de reportage de la RTF.	930	Novembre.
Feissel H.	Lignes à retard à constantes localisées	53	Janvier.
Fishwick W.	La modulation par impulsions d'un faisceau ionique	110	Février.
Fontan Perez	Aspects de l'exploitation de l'enregistrement magnétique en radiodiffusion	751	Octobre.
Fortet R.	Spectre moyen d'une suite d'impulsions en principe périodiques et identiques mais déplacées et déformées aléatoirement	683	Août-Septembre.
Forty A. J.	Une méthode photographique d'enregistrement sonore sur disques de verre	793	Octobre.
Frejaville	Equipements de télévision industrielle C.F.T.H.	1006	Décembre
Gabor D.	La meilleure utilisation des plaques photographiques pour l'enregistrement des quanta de lumière	800	Octobre.
Gallet F.	Origine et particularités des bruits de fond dans l'enregistrement sur bande magnétique	234	Mars.
Garret J. W.	Evolution des méthodes de restitution de l'espace auditif	215	Mars.
Garreau M.	Enregistrement magnétique de longue durée: un dispositif à têtes tournantes utilisant le film magnétique perforé 35 mm	273	Mars.
Garreau M.	Transmission des niveaux d'eau	273	Mars.
		803	Octobre.
Gerardin L.	Le signal minimum utilisable en réception radar et son amélioration par certains procédés de corrélation	67	Janvier.
Gilson	Application de l'enregistrement aux mesures de temps et au contrôle de position d'un mobile	274	Mars.
Gloess P.	Correcteurs de signaux utilisant des lignes à retard	584	Juillet.
Grutzmacher M.	L'enregistrement des fluctuations de vitesse des enregistreurs à l'aide d'un analyseur de fréquences musicales	738	Octobre.
Gilotaux P.	Les caractéristiques d'enregistrement des disques	257	Mars.
Guenard P.	Phénomènes fondamentaux dans les tubes à ondes progressives	323	Avril.

AUTEURS	TITRES DES ARTICLES	PAGES	MOIS
GUILLON H.	Procédé assurant la stabilité et l'égalité des largeurs de bande dans un sélecteur d'amplitude d'impulsions	603	Juillet.
HERRENG P.	Le multiplex à 12 voies à modulation par impulsions codées de la S.A.C.M.	413	Mai.
INCOLLINGO I.	La technique des impulsions et les brevets	14	Janvier.
INCOLLINGO I.	Les méthodes de synchronisation et de distribution dans les systèmes multiplex à division dans le temps	431	Mai.
INDJOUDJIAN M. D.	Sur certains réseaux passifs en régime transitoire	441	Mai.
	suite et fin	534	Juin.
JOURDAIN DE THIEULLOY	La caméra, élément commun des cars de reportage de la RTF	926	Novembre.
KAHN	Les tendances actuelles dans la constitution d'une chaîne d'enregistrement	197	Mars.
KALLENBACH W.	L'enregistrement des fluctuations de vitesse des enregistreurs à l'aide d'un analyseur de fréquences musicales	738	Octobre.
DE JAGER F.	Les limites théoriques de la transmission en cas de niveau de bruit élevé, pour différents systèmes de modulation continue et de modulation codée	675	Août-Septembre.
KLEIS D.	Dynamique de l'enregistrement magnétique	240	Mars.
		753	Octobre.
KUHNE Rudolf	Sur un dispositif d'enregistrement des impulsions	268	Mars.
LABIN Ed.	Le formatron (tube électronique ayant une caractéristique quelconque préétablie).	518	Juin.
	(suite et fin)	614	Juillet.
LAMARCHE.	Organisation générale de la station de télévision de Strasbourg	842	Novembre.
LAMORAL L.	Isolement phonique des structures légères	384	Avril.
LAMORAL.	Les polycylindres et la diffusion des ondes sonores	308	Mars.
LANDRIN.	Le transféromètre	594	Juillet.
LAURENS A.	Utilisation d'un faisceau hertzien à grande puissance en ondes centimétriques pour la transmission vers la Grande-Bretagne des programmes européens de télévision /liaison Cassel-Douvres)	999	Décembre
LECLERC B.	Repérage d'un grand nombre d'intervalles de temps élémentaires au cours d'un cycle	47	Janvier.
LEHMANN G.	Les applications des impulsions dans les systèmes d'interconnexion téléphonique	342	Avril.
LEHMANN R.	Un enregistreur-lecteur magnétique pour l'enregistrement des radios-communications air-sol-air dans l'aviation civile	774	Octobre.
LOCHARD.	Enregistrement et corrélation optique	276	Mars.
LOVICHI A.	Comparaison entre les propriétés électro-acoustiques des enregistrements photographiques et des enregistrements magnétiques	253	Mars.
LUBSZYNSKI A.	Les distorsions dans l'enregistrement et la reproduction des sons	226	Mars.
MAGELLI.	Le centre de télévision de Milan	981	Décembre.
MANDEL	Equipement de télécinéma de la station de télévision de Strasbourg	853	Novembre.
MAGNE.	Les faisceaux hertziens de télévision, type GDH 101	876	Novembre.
MARMOR S.	Emploi des récepteurs à superréaction comme amplificateurs moyenne fréquence pour la réception des impulsions de radar	73	Janvier.
MARTIN L.	Application des procédés magnétiques à la sonorisation des films cinématographiques	786	Octobre.
MARTIN H.	Correcteur de signaux utilisant des lignes à retard	584	Juillet.
MAUGARD M.	Localisations de dérangements sur câbles sous-marins par observation oscillographique des échos d'une impulsion	425	Mai.
MAUGE R.	Etude du pouvoir résolvant des émissions photographiques	1013	Décembre.
MAURICE.	Les parasites artificiels dans les systèmes de modulation par variation de l'amplitude (ma) par variation de la fréquence	303	Mars.
MAYER C. G.	Un système d'enregistrement et de reproduction des signaux de télévision	760	Octobre.
MERCIER C.	Les ondes métriques en radiodiffusion	295	Mars.
MERCIER J. M.	La Technologie du Germanium	559	Juillet.
MEUNIER G.	Applications de l'enregistrement dans la Marine	743	Octobre.
MEUNIER P.	Etude de la suspension des graveurs de disques et des conditions de coupe dans la gravure des disques souples	260	Mars.
MULLIN J. T.	Enregistrement magnétique des signaux video	765	Octobre.
NAMIAN M.	Sur l'étude et la réalisation des circuits à coïncidence	123	Février.
NASLIN	Terminologie des systèmes asservis	588	Juillet.
OEMICHEN	Application de l'enregistrement aux mesures de temps et au contrôle de position d'un mobile	274	Mars.
OLIVER.	La synchronisation des projecteurs amateurs et des magnétophones	253	Mars.
OUDIN J.	Développements nouveaux de la technique des impulsions pour l'examen des câbles	163	Février.
OUDIN J.	L'Analyse impulsionnelle des câbles et ses développements	573	Juillet.
PAGES A.	Description d'un dispositif d'enregistrement	700	Août-Septembre.
PASQUINELLY.	Extension des procédés mécaniques d'enregistrement à la bande infra-sonore et son application à l'étude des mouvements physiologiques de très faible amplitude	279	Mars.
PASSERIEUX P.	Compte-rendu de la réunion du C.I.S.P.R. (Londres 1953)	536	Juin.
PERILHOU J.	L'enregistrement magnétique des fréquences supérieures à 100 kc/s. Conditions physiques à observer — limites actuelles	242	Mars.
	complément .	782	Octobre.
PICARD E.	Lescompteurs de Geiger-Müller (G.M.) les circuits associés et techniques de comptage	652	Août-Septembre.
PICAULT E.	La contribution de Henri Poincaré à la Radioélectricité et aux télécommunications	955	Décembre
PIEL G.	Une technique de circuits électroniques pour machine à calculer rapide	38	Janvier.

AUTEURS	TITRES DES ARTICLES	PAGES	MOIS
PIRAUX H.	Un magnétophone à voies multiples pour dispatching	770	Octobre.
POKROWSKY.	La mesure de la distorsion non-linéaire et les causes de divergence des résultats obtenus par les différentes méthodes	525	Juin.
POLONSKY	L'émetteur de télévision de Strasbourg	866	Novembre.
POLONSKY	Equipement léger de relais hertziens sur ondes centimétriques	932	Novembre.
POPOVIC V.	Représentation et mesure de l'argument et du module d'une impédance à l'oscilloscope cathodique	376	Avril.
POTIER G. X.	Utilisation de systèmes à impulsions pour la transmission simultanée des signaux de téléphonie, de télégraphie et radiodiffusion	347	Avril.
POTIER G.	Sur la nécessité d'enregistrer les informations dans les transmissions par modulation d'espacement d'impulsions	282	Mars.
POULLIN J.	L'apport des techniques d'enregistrement dans la fabrication de matières et formes musicales nouvelles. Applications à la musique concrète	282	Mars.
PUJOLLE J.	Isolement phonique des structures légères	384	Avril.
REEVES A. H.	Diode au germanium « à espace positif ». — Nouvel outil pour la technique des impulsions.	32	Janvier.
RIVERE P.	Les multiplex à impulsions de la S.F.R.	356	Avril.
ROSE A.	La Photoconductivité	645	Août-Septembre.
RYDBECK O.	La propagation des ondes électroniques de charge d'espace dans les guides et les tubes à structure périodique	499	Juin.
SCHIESSER H.	Les nouveaux appareils d'enregistrement magnétique du son employés par les Sociétés de Radiodiffusion de la République fédérale allemande	244	Mars.
	complément	782	Octobre.
SEVIN P.	Appareil sensible pour la mesure de la résistance parasite de cathode	673	Août-Septembre.
SGUBBI M.	Magnétophone portatif autonome	773	Octobre.
SIMON	Un nouveau type d'aérien et son application à la transmission de télévision à grande distance	883	Novembre.
SUCHET J.	Les matériaux céramiques (mise au point technique et bibliographie)	460	Mai.
TAFFLET.	L'équipement de télécinéma de la C.F.T.H.	943	Novembre.
TAILLON.	Echanges européens de programme de télévision	914	Novembre.
TANTER M.	Le récepteur L.C.T. de radar à élimination des échos sur obstacles fixes	99	Février.
TOUTAN	Une ligne à retard variable à ruban magnétique	291	Mars.
VALLANCIEN	Sur l'application de l'enregistrement à l'étude de l'audition et à l'audiométrie	732	Octobre.
VASSEUR J. P.	Impulsions de Gauss	139	Février.
VASSEUR J. P.	Comparaison des modulations codées et des modulations classiques	508	Juin.
VERGELY R.	Un enregistreur-lecteur magnétique pour l'enregistrement des radio-communications air-sol-air dans l'aviation civile	774	Octobre.
VERREE	Les faisceaux hertziens de télévision, type GDH 101	876	Novembre.
VILLE M.	Expression analytique de l'exposant de transfert d'un circuit appelé à transmettre des impulsions	135	Février.
VILLE J. A.	Modulation conjuguée d'une démodulation linéaire	372	Avril.
VINCENT C. H.	Quelques expériences sur les dispositifs à déviation de faisceau et multiplicateur électroniques pour impulsion de l'ordre de la millimicroseconde	119	Février.
VOGE J.	Problèmesd'actualités dans l'étude de la transmissiondes ondes ultra-courtes	487	Juin.
WARNIER A.	La qualité musicale des enregistrements et l'utilisation des systèmes compresseurs-décompresseurs	744	Octobre.
WARNECKE R.	Phénomènes fondamentaux dans les tubes à ondes progressives	323	Avril.
WESTMIJZE W. K.	Reproduction des petites longueurs enregistrées sur bande magnétique	248	Mars.
WIJN H. P.	Quelques propriétés physiques des ferrites	418	Avril.
ZACCAI R.	Sur les pertes dans les lignes à fils parallèles	170	Février.

INFORMATIONS

OFFRE D'EMPLOI

045. — Recherchons pour Laboratoire d'Etudes Agents Techniques 3e Catégorie (Radioélectricité générale, Technique Radar).

Téléphoner ou écrire : L'Electronique appliquée, 25, rue du Dr.-Finlay, Paris-XVe. — Tél. : SEGur 14-75 ou 76.

ERRATA

Article « Un nouveau type d'aérien et son application à la transmission de télévision à grande distance par J.C. SIMON et V. BIGGI, *Onde Electrique*, N° 332, de Novembre 1954.

Page 894, *figure* 13 :

au lieu de l'échelle :	20	10	0	10	20	
prière de lire :		25	30	35	40	45

Page 895, *figures* 14 *et* 15, les légendes ont été omises :

FIG. 14. — Oscillogramme d'un signal de télévision reçu avec la grande antenne cigare.

FIG. 15. — Oscillogramme du même signal reçu au même instant avec l'antenne Yagi du commerce.

La couverture du présent numéro de l'Onde Electrique reproduit le type d'aérien qui a été décrit dans l'article publié en Novembre 1954.

VOCABULAIRE

En raison de la quantité de termes nouveaux qui s'introduisent dans la technique, il serait intéressant, à l'occasion des réunions de la « Section Documentation », de demander aux techniciens de signaler quels sont dans les différentes branches de leur spécialité, les termes impropres, ou ayant gardé inutilement la forme étrangère, qu'ils ont pu rencontrer.

Nous prions donc les membres de la Société qui auraient des termes à proposer de bien vouloir les indiquer, soit verbalement dans les séances, soit par écrit à la Société des Radioélectriciens « Section Documentation ».

Imprimerie Marcel Bon, Vesoul. — Dépôt légal : 1e trimestre 1955. — I. n° 25. — 4.900. 578 E. n° 20. — La gérante : Mme Chiron